

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Neven Serdarušić**

**ODREĐIVANJE GLIKEMIJSKOG INDEKSA KUKURUZNIH SNACK**  
**PROIZVODA S DODATKOM TROPA JABUKE**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, siječanj, 2015.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Zavod za ispitivanje hrane i prehrane

Katedra za prehranu

Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambeno inženjerstvo

**Nastavni predmet:** Funkcionalna hrana i dodaci prehrani

**Tema rada** je prihvaćena na III. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 16. prosinca 2014. godine.

**Mentor:** doc. dr. sc. *Ines Banjari*

### ODREĐIVANJE GLIKEMIJSKOG INDEKSA KUKURUZNIH SNACK PROIZVODA S DODATKOM TROPA JABUKE

*Neven Serdarušić, 206-DI*

#### Sažetak:

Glikemijski indeks (GI) pokazatelj je koliko određena količina i vrsta ugljikohidrata može utjecati na brzinu promjene koncentracije glukoze (GUK) u krvi. Provedeno je kliničko istraživanje s ciljem utvrđivanja GI novo razvijenih kukuruznih snack proizvoda na bazi dodatka sušenog tropa jabuke, prema metodi ISO 26 642:2010, te je utvrđen njihov komercijalni potencijal. Uzorak s 10% tropa jabuke imao je najvišu prihvatljivost od strane ispitanika ( $3,10 \pm 1,45$ ), najniži subjektivni osjećaj sitosti ( $53,9 \pm 23,3$ ), te najmanji odziv GUK-a u 120-oj minuti mjerenja, odnosno najmanju površinu ispod krivulje GUK-a (iAUC) što je rezultiralo najmanjim GI ( $89,0 \pm 31,1$ ). Uzorak s dodatkom 16% tropa jabuke imao je najnižu senzorsku prihvatljivost ( $3,40 \pm 1,07$ ) no najviši subjektivni osjećaj sitosti kroz 120 minuta ( $57,0 \pm 57,6$ ) i najveću iAUC što je rezultiralo najvećim GI ( $122,4 \pm 51,0$ ) u odnosu na druga dva test uzorka s dodatkom tropa jabuke. Dobiveni rezultati potvrđuju potencijal kukuruznog snack proizvoda s dodatkom 10% tropa jabuke za komercijalizaciju, uz višestruku korist kako potrošača (zbog funkcionalnih karakteristika ovog proizvoda) tako i proizvođača (ne postavljaju se posebni zahtjevi za proces ekstruzije, racionaliziraju se troškovi tehnološkog procesa proizvodnje i povećava financijska dobit).

**Ključne riječi:** kontrolirano kliničko istraživanje, kukuruzni snack proizvodi, glikemijski indeks, ekstruzija, trop jabuke, razvoj novih proizvoda

**Rad sadrži:** 55 stranica  
10 slika  
6 tablica  
5 priloga  
34 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** Hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za obranu:

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. doc. dr. sc. <i>Đurđica Ačkar</i>           | predsjednik   |
| 2. doc. dr. sc. <i>Ines Banjari</i>            | član-mentor   |
| 3. prof. dr. sc. <i>Daniela Čačić Kenjerić</i> | član          |
| 4. izv. prof. dr. sc. <i>Jurislav Babić</i>    | zamjena člana |

**Datum obrane:** 10. veljače 2015.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Food and Nutrition Research  
Subdepartment of Nutrition  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food engineering  
**Course title:** Functional Foods and Supplements  
**Thesis subject** was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology Osijek at its session no. III held on December 16<sup>th</sup>, 2014.  
**Mentor:** *Ines Banjari*, PhD, assistant prof.

### DETERMINATION OF THE GLYCAEMIC INDEX OF CORN SNACK PRODUCTS WITH ADDITION OF APPLE POMACE *Neven Serdarušić, 206-DI*

#### Summary:

The glycemic index (GI) is an indicator of how much a certain amount and types of carbohydrates can influence the change of blood glucose (GUK). A controlled clinical trial was conducted to determine the GI of newly developed corn snack products with the addition of dried apple pomace in different amounts, according to the method ISO 26 642:2010. The aim was also to determine the commercial potential of the newly developed products. The sample with 10% apple pomace had the highest sensory acceptability ( $3.10 \pm 1.45$ ), the lowest subjective feeling of satiety ( $53.9 \pm 23.3$ ) and the lowest GUK response throughout 120 minutes, i.e. the lowest area under blood glucose curve (iAUC) which resulted with the lowest GI ( $89.0 \pm 31.1$ ). The sample with 16% apple pomace had the lowest sensory acceptability ( $3.40 \pm 1.07$ ), but the highest subjective feeling of satiety trough 120 minutes ( $57.0 \pm 57.6$ ) and the highest iAUC which resulted in the highest GI ( $122.4 \pm 51.0$ ) if compared with the other two test samples with the addition of apple pomace. The results confirm the potential of corn snack product with 10% apple pomace for commercialization, with multiple benefits for consumers (due to its functional features) and for producers (does not impose additional demands for extrusion process, rationalization of costs of food technology and increases profit).

**Key words:** controlled clinical study, corn snack products, glycaemic index, extrusion, apple pomace, development of new products

**Thesis contains:** 55 pages  
10 figures  
6 tables  
5 supplements  
34 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. Đurđica Ačkar, PhD, assistant prof.     | chair person |
| 2. Ines Banjari, PhD, assistant prof.      | supervisor   |
| 3. Daniela Čačić Kenjeric, PhD, full prof. | member       |
| 4. Jurislav Babić, PhD, associate prof.    | stand-in     |

**Defense date:** February 10<sup>th</sup>, 2015.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvalio bih se mentorici doc.dr.sc. Ines Banjar na cjelokupnom vremenu koje mi je posvetila prilikom izrade diplomskog rada. Hvala na svim podijeljenim savjetima i strpljenju utkanom u ovaj rad, kao i na povjerenju ukazanim svojim mentorstvom. Bilo mi je veliko zadovoljstvo surađivati s Vama.

Također, zahvaljujem se ispitanicima koji su svojom prisutnošću sudjelovali u istraživanju i bez kojih bi ovaj rad bilo nemoguće izraditi.

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
2.1. DEFINICIJA GLIKEMIJSKOG INDEKSA.....	4
2.1.1. Kratak povijesni pregled Gl.....	6
2.1.2. Razlika između glikemijskog indeksa, glikemijskog odgovora i glikemijskog opterećenja ..	9
2.2. GLIKEMIJSKI INDEKS I PREHRAMBENA INDUSTRIJA .....	12
2.3. METABOLIZAM GLUKOZE .....	15
2.4. RAZVOJ NOVIH PROIZVODA.....	17
2.5. EKSTRUZIJA .....	20
2.5.1. Kemijske i nutritivne promjene koje se odvijaju tijekom ekstruzije.....	23
2.5.2. Sirovine u proizvodnji ekstrudiranih proizvoda.....	24
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>25</b>
3.1. ZADATAK.....	26
3.2. ISPITANICI .....	26
3.3. MATERIJALI .....	27
3.4. METODA ISTRAŽIVANJA.....	27
3.4.1. Protokol istraživanja .....	27
3.4.2. Senzorska evaluacija uzoraka.....	28
3.4.3. Subjektivni osjećaj sitosti za testirane namirnice .....	28
3.4.4. Odvaga test namirnica i standarda.....	29
3.4.5. Statistička obrada podataka .....	31
<b>4. REZULTATI.....</b>	<b>32</b>
4.1. SENZORSKA PRIHVATLJIVOST TEST UZORAKA.....	33
4.2. SUBJEKTIVNI OSJEĆAJ SITOSTI ZA TEST UZORKE.....	34
4.3. PROMJENA KONCENTRACIJE GLUKOZE U KRVU ZA TEST UZORKE .....	35
4.4. IAUC ILI UKUPNA POVRŠINA ISPOD KRIVULJE KAO ODGOVOR B-GLUKOZE TEST UZORAKA.....	36
4.5. GLIKEMIJSKI INDEKS TEST UZORAKA .....	37

<b>5. RASPRAVA .....</b>	<b>38</b>
5.1. SENZORSKA PRIHVATLJIVOST TEST UZORAKA.....	39
5.2. SUBJEKTIVNI OSJEĆAJ SITOSTI ZA TEST UZORKE.....	40
5.3. PROMJENA KONCENTRACIJE GLUKOZE U KRVI ZA TEST UZORKE .....	41
5.4. IAUC ILI UKUPNA POVRŠINA ISPOD KRIVULJE KAO ODGOVOR B-GLUKOZE TEST UZORAKA.....	42
5.5. GLIKEMIJSKI INDEKS TEST UZORAKA .....	43
<b>6. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>44</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>46</b>
<b>8. PRILOZI .....</b>	<b>50</b>

## Popis oznaka, kratica i simbola

ATP	Adenozin trifosfat
GI	Glikemijski indeks
GL	Glikemijsko opterećenje
GR	Glikemijski odgovor
GUK	Glukoza u krvi
iAUC	Ukupna površina ispod krivulje kao odgovor $\beta$ -glukoze testirane hrane
iAUCS	Ukupna površina ispod krivulje kao odgovor $\beta$ -glukoze standardne hrane
ISO	Međunarodna organizacija za normizaciju (International Organization for Standardization)
ITM	Indeks tjelesne mase
NGI	Niski glikemijski indeks
USA	Sjedinjene Američke Države (The United States of America)
VGI	Visoki glikemijski indeks

## **1.UVOD**



Koncept glikemijskog indeksa (GI) razvijen je kako bi omogućio numeričku klasifikaciju ugljikohidrata, prvenstveno kao odgovor na kritične i specifične potrebe upravljanja dijabetesom. Na GI hrane mogu utjecati fizikalna i kemijska svojstva hrane, uz mogućnost velike individualne varijabilnosti prema glikemijskom odgovoru (GR) (Foster-Powell i sur., 2002.). Označavanje hrane i prehrambenih proizvoda oznakom za GI bi trebalo povećati informiranost potrošača i pomoći im oko odabira i kupovine hrane. Prve službene tablice sastavljene iz znanstvene literature objavljene su 1995. godine (Foster-Powell i sur., 1995.) kako bi poboljšale kvalitetu istraživanja koja bi povezala GI, glikemijsko opterećenje (GL) i zdravlje, a sadržavale su 565 namirnica. Danas su potrošači ti koji u velikoj mjeri oblikuju tržište novih proizvoda, postavljajući sve veće zahtjeve pred proizvođače hrane. Ekstruzija ima veliki potencijal u razvoju novih proizvoda, a kada se uzme u obzir kako su različiti ugljikohidrati osnovna sirovina za proizvodnju ekstrudiranih proizvoda, jasno je zašto je određivanje GI ovih proizvoda od iznimne važnosti.

Ovo istraživanje nastavak je ranije provedenog istraživanja o utjecaju dodatka različitih nuzproizvoda prehrambene industrije na GI (Marić, 2014.). Cilj ovog istraživanja bio je odrediti GI kukuruznih snack proizvoda s dodatkom tropa jabuke u različitim koncentracijama. Metoda istraživanja GI provedena je prema Međunarodnoj metodi za određivanje GI, ISO 26 642:2010. Osim toga, cilj je bio utvrditi potencijal novo razvijenih ekstrudiranih proizvoda s dodacima u komercijalnom smislu.

## **2.TEORIJSKI DIO**

## 2.1. DEFINICIJA GLIKEMIJSKOG INDEKSA

Prema definiciji GI je mjera koja označava brzinu i intenzitet povišenja glukoze u krvi (GUK) nakon konzumiranja određenog ugljikohidrata u odnosu na učinak 50 grama standarda, poput čiste  $\beta$ -glukoze ili bijelog kruha (Banjari, 2010.).

GI označava količinu glukoze, kao i brzinu njenog ulaska u cirkulaciju prilikom probavljanja neke namirnice u usporedbi sa standardom. Namirnice sa visokim GI (VGI) puno brže i više povećavaju nivo glikemije u odnosu na namirnice sa niskim GI (NGI) i dovode do naglog izlučivanja inzulina iz gušterače u krv. Hrana sa niskim GI, međutim „štedi inzulin“, tj. dovodi do ekonomičnog lučenja ovog hormona (Nikolić i sur., 2013.).

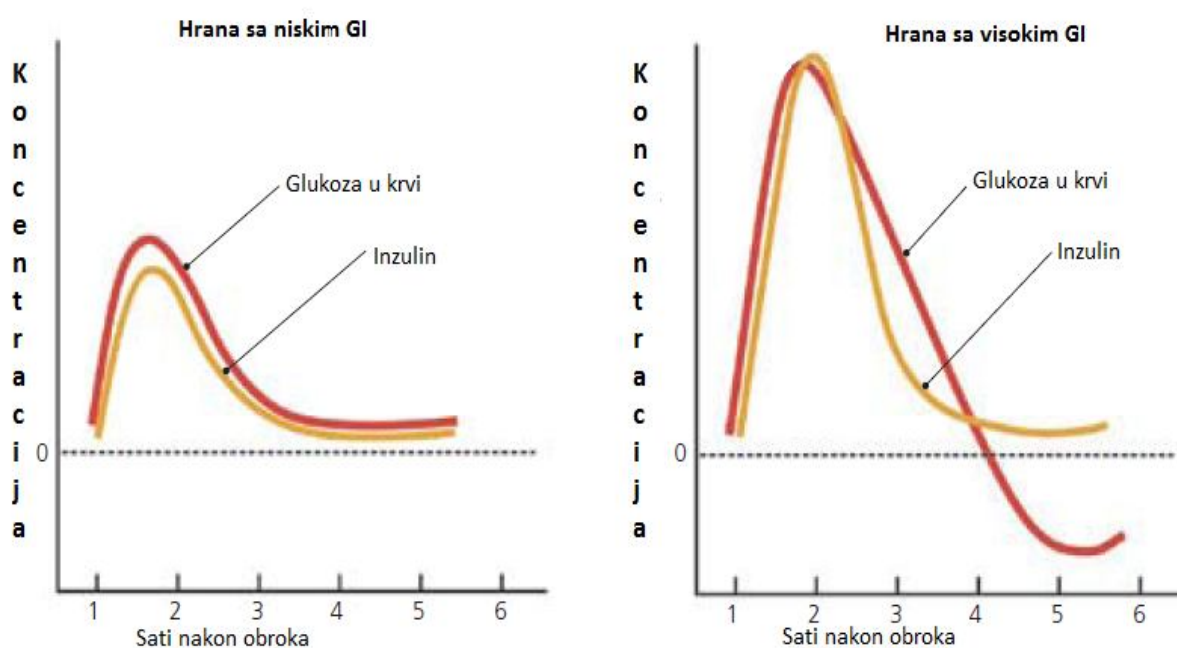
GI se može definirati i kao povezanost inkrementalne ili ukupne površine koja se dobije ispod krivulje kao odgovor  $\beta$ -glukoze testirane hrane (eng. iAUC, Incremental Area Under the blood glucose Curve for the tested meal) koja sadrži 50 grama slobodnih ugljikohidrata te ukupne površine koja se dobije kao odgovor  $\beta$ -glukoze standardne test hrane (eng. iAUCS, Incremental Area Under the blood glucose Curve for the Standard meal) (Chlup i sur., 2004.). Hrana se prema vrijednostima dobivenim prilikom ispitivanja GI može svrstati u 3 kategorije (**Tablica 1**). Kategorije prikazane u tablici primjenjuju se na hranu ili prehrambene proizvode, ali ih nije primjereno primjenjivati na mješovitim jelima (ISO 26 642, 2010.).

**Tablica 1** Preporučene kategorije glikemijskog indeksa (GI) (ISO 26 642, 2010.)

Razina iAUC	GI
Niska	$GI \leq 55$
Srednja	$70 \geq GI > 55$
Visoka	$GI > 70$

Pouzdanе tablice GI sastavljene iz znanstvene literature ključne su u poboljšanju kvalitete istraživanja koja se bave poveznicom između GI, GL i zdravlja. Za GI dokazano je kako ima korisniju svrhu u prehrani nego kemijska klasifikacija ugljikohidrata (kao jednostavnih i složenih, šećera i škroba te dostupnih ili nedostupnih) omogućujući time nove spoznaje o odnosu između fizioloških učinaka hrane bogate ugljikohidratima i zdravlja.

Kod zdravih osoba mješoviti obrok utječe na normalan porast GUK te izaziva lučenje inzulina iz gušterače kako bi se razina GUK vratila na osnovnu (bazalnu) razinu. Amplituda porasta GUK određuje količinu izlučenog inzulina (**Slika 1**). Metabolički poremećaji vode k poremećenom (nedostatnom) ili nepostojećem izlučivanju inzulina, što je dovelo do toga da se predlaže odabir ugljikohidrata iz hrane s NGI što može pozitivno utjecati na stanja povezana sa lošom kontrolom GUK (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.).



**Slika 1** Usporedba porasta GUK kod unosa hrane sa niskim (NGI) i visokim glikemijskim indeksom (VGI) (Last i Wilson, 2006.)

Vrijednost GI za neku namirnicu određuje se standardiziranim postupkom *in vivo* i zavisi od toga koja je namirnica upotrijebljena kao standard (najčešće se koriste bijeli kruh ili glukoza). Jedinstvena metodologija za određivanje GI je neophodna kako bi se ispravno interpretirali podaci i uspješno primijenio GI u praksi.

S aspekta planiranja prehrane, poznavanje vrijednosti GI omogućava sastavljanje dijeta koje daju adekvatni glikemijski odgovor (GR) kod pacijenta (Nikolić i sur., 2004.). Međutim, kako se obrok najčešće sastoji od nekoliko različitih namirnica, namirnice sa nižim GI utječu na GR razmjerno količini i kvaliteti ugljikohidrata ostalih namirnica, te je neophodno na drugačiji način izračunati GI cijelog obroka (Nikolić i sur., 2013.).

GR obroka određen je različitim individualnim čimbenicima poput inzulinske osjetljivosti, funkcije  $\beta$ -stanica gušterače, gastrointestinalne pokretljivosti, tjelesne aktivnosti, dnevnih varijacija metaboličkih parametara, i sl. Osim toga čimbenici koji utječu na promjenu GI mogu biti:

*količina ugljikohidrata,*

*priroda monosaharida (glukoze, fruktoze, galaktoze),*

*priroda škroba (amiloze, amilopektina, rezistentnog škroba),*

*način kuhanja i procesiranja hrane (stupanj želatinizacije škroba, oblik hrane, veličina čestica, stanična struktura),*

*druge komponente iz hrane (masti i proteini, prehrambena vlakna, antinutrijenti, organske kiseline) (Danone/FAO, 2001.).*

### **2.1.1. Kratak povijesni pregled GI**

Koncept GI razvijen je kako bi omogućio numeričku klasifikaciju ugljikohidrata na pretpostavci da bi ti podaci bili korisni u situaciji gdje je tolerancija na glukozu umanjena. Na mnoge načine, koncept GI bio je proširenje hipoteze o prehrambenim vlaknima Burkitt-a i Trowell-a, koji su sugerirali da hrana koja se sporije apsorbira može imati beneficije po metabolizam (Jenkins. 2002.).

Dva tehnološka napretka koja su se odvila u kasnim 1970-ima bila su neprocjenjiva u proučavanju GR hrane: izum Autolet® lanceta (Owen Mumford Ltd., Woodstock, UK) koje su bile dostupne svima za mjerenje GR u uzorku krvi, te razvoj automatskog analizatora glukoze (Yellow Springs, WI) koji je omogućavao točno mjerenje glukoze, lako i brzo, koristeći 25  $\mu$ l uzorka krvi (Wolever, 2006.).

Metodologiju za određivanje GI utvrdili su FAO i WHO i ona je testirana u sedam različitih država i na taj način dobivene vrijednosti GI imaju interval pouzdanosti od 95 % (WHO/FAO, 1998.).

GI je predložen 1981. godine kao alternativni sistem za podjelu namirnica koje sadrže ugljikohidrate. Podjela ugljikohidrata prema GI prvobitno se koristila u kliničkoj praksi za predviđanje porasta glikemije u postprandijalnom periodu kod pacijenata sa *dijabetesom*

*mellitus*-om, a tek kasnije je počelo ispitivanje značaja ovakve podjele ugljikohidrata u prevenciji i terapiji mnogih bolesti, kao i u planiranju prehrane (Ludwig, 2002.).

Do sredine 1990-tih, jedina klinička primjena GI bila je dakle u tretiranju dijabetesa. Međutim, stvari su se počele mijenjati primjenom podataka o GI prikupljenih od strane Dr. Willett-a sa Sveučilišta Harvard, čije su studije uključile više od 100 000 ispitanika. Njegov prvi objavljeni rad iz 1997. godine potaknuo je ostale da počnu ispitivati efekte GI na rizik oboljenja od dijabetesa, metaboličkog sindroma, kardiovaskularnih bolesti i raka.

Konačno, bilo je potrebno izraziti GR koristeći jedinstveni broj. Kako se htjelo znati koliko hrana podiže razinu glukoze u krvi, mislilo se da je najbolji način za izražavanje toga koristeći iAUC, ignorirajući područja ispod razine posta (Wolever, 2006.).

WHO i FAO odobrile su upotrebu GI kao metode za podjelu namirnica koje sadrže ugljikohidrate 1997. godine i tada je predloženo da se vrijednosti GI unesu u tablice sastava životnih namirnica (Nikolić i sur., 2013.). Danas su na snazi revidirane Tablice iz 2008. godine koje obuhvaćaju oko 2000 namirnica (**Tablica 2**) (Atkinson i sur., 2008.).

**Tablica 2** Međunarodne tablice vrijednosti glikemijskog indeksa (GI) (Atkinson i sur., 2008.)

VRSTA HRANE	GI±SD	VRSTA HRANE	GI±SD
Visoko ugljikohidratna hrana		Povrće	
Bijeli pšenični kruh	75±2	Krumpir-kuhani	78±4
Kruh od cjelovitih žitarica	74±2	Krumpir-instant kaša	87±3
Integralni kruh bez kvasca	70±5	Prženi krumpir-pomfrit	63±5
Kukuruzne tortilje	46±4	Mrkva-kuhana	39±4
Bijela riža-kuhana	73±4	Slatki krumpir-kuhani	63±6
Ječam	28±2	Mliječni proizvodi i zamjene	
Slatki kukuruz	52±5	Mlijeko-punomasno	39±3
Špageti-bijelo brašno	49±2	Mlijeko-obrano	37±4
Špageti-cjelovito brašno	48±5	Sladoled	51±3
Žitarice za doručak		Jogurt-voćni	41±2
Kukuruzne pahuljice	81±6	Sojino mlijeko	34±4
Pšenični keksi	69±2	Mahunarke	
Zobena kaša-meka	55±2	Grah	24±4
Voće i proizvodi od voća		Soja	16±1
Jabuka-svježa	36±2	Grickalice i slatkiši	
Banana-svježa	51±3	Čokolada	40±3
Lubenica-svježa	76±4	Čips od krumpira	56±3
Sok od naranče	50±2	Bezalkoholni sokovi	59±3
Breskve-konzervirane	43±5	Glukoza	103±3
Ugljikohidratni napitci	64±12	Fruktoza	15±4

### 2.1.2. Razlika između glikemijskog indeksa, glikemijskog odgovora i glikemijskog opterećenja

Izvorno je GI predstavljao indeks raspoloživih ugljikohidrata iz hrane koji imaju mogućnost povećanja GUK. Monro je 2002. godine pokazao da GI ne ukazuje na glikemijski učinak hrane. S pravom je istaknuo kako je GI svojstvo ugljikohidrata u hrani, a ne svojstvo hrane te da je GI vrijednost koja je neovisna o veličini porcije hrane ili o količini konzumiranih ugljikohidrata (Wolever, 2006.).

Često dolazi do pogrešnog korištenja GI i to u kontekstu „glikemijskog odgovora“ (eng. Glycaemic Response, GR), a posebno se to odnosi na mješovite obroke ili za namirnice koje sadrže nedostupne ugljikohidrate. Primjerice, u kontekstu mješovitih obroka to bi se odnosilo na „dodavanje masnoća na kruh“, što smanjuje GI. U tom slučaju točna terminologija bila bi kako „dodavanje masnoća na kruh“ smanjuje GR. Poznato je da masti i proteini mogu utjecati na GR, ali ti učinci nemaju nikakve veze sa GR ugljikohidrata. Osim toga, učinci dodavanja masti i proteina na GR razlikuju se kod zdravih ispitanika, ispitanika sa dijabetesom tipa 1 i dijabetesom tipa 2. S druge strane, GI pojedinačnih ugljikohidrata iz hrane je isti kod svih ovih različitih tipova ispitanika. Dakle GI mješovitih obroka treba izračunati iz vrijednosti GI svake pojedine namirnice dok GR trebaju biti izmjereni *in vivo* (Wolever, 2006.).

Neki istraživači ustraju u korištenju termina GI kako bi opisali činjenicu da hrana koja sadrži male količine slobodnih ugljikohidrata ima nizak GR, što je npr. slučaj kod povrća. To je neprimjereno jer je moguće već iz deklaracije na hrani vidjeti kako hrana ima malu količinu ugljikohidrata ili ih uopće nema te samim time neće podizati GUK. Iz deklaracije hrane također možemo vidjeti koliko nedostupnih ugljikohidrata (koji prema definiciji ne podižu razinu GUK i nisu dostupni tijelu kao glukoza) hrana sadrži. Hrana kojoj su neki od slobodnih ugljikohidrata zamijenjeni sa nedostupnim ugljikohidratima će izazivati niži GR na istoj razini ukupnih ugljikohidrata, ali to se može zaključiti i sa deklaracije jer je količina dostupnih ugljikohidrata manja. Pojmovi GI i GR ne bi trebali izazvati zabune zbog toga što ovi entiteti imaju različita i matematička i statistička svojstva. Teoretski GR prilagođava područje GR za svaki pojedinačni odgovor na referentnu hranu čime se ispravljaju varijacije između ispitanika (Wolever, 2006.).



Pojam glikemijsko opterećenje (eng. Glycaemic Load, GL) uveli su istraživači sa Harvarda 1997. godine kako bi brojčano izrazili ukupan GR određenog obroka. GL omogućava adekvatno predviđanje utjecaja namirnica na lučenje inzulina u odnosu na GI, budući da su važne i navike u prehrani, a važno je uzeti u obzir i prosječnu količinu namirnica koja se konzumira. Većina namirnica sa visokim GI daje i visoki GL, ako se konzumiraju u obrocima standardne porcije. Međutim, i namirnice sa umjerenim GI mogu dati veliko GL ukoliko su bogate ugljikohidratima, tj. imaju veliku prehrambenu gustoću ili se veoma često koriste u prehrani. U revidiranim Tablicama glikemijskog indeksa iz 2002. dodane su 3 kolone (**Tablica 3**) koje su nedostajale u Tablicama iz 1995. godine. u kojima su prikazane vrijednosti GL namirnica, prosječna veličina porcije namirnica i sadržaj ugljikohidrata u svakoj namirnici (Nikolić i sur., 2013.).

**Tablica 3** Prikaz nove tablice koja osim glikemijskog indeksa (GI) prikazuje i količinu namirnica i ugljikohidrata te glikemijsko opterećenje (GL) (Prašek, 2004.)

Hrana	Količina	GI (bijeli kruh = 100)	Ugljikohidrati (g)	GL (g)
Bijela riža	1 šalica	125	53	67
Pečeni krumpir	1 kom	121	51	61
Kukuruz. Pahuljice	1 šalica	119	24	29
Med	1 žličica	104	17	18
Lubenica	1 kriška	102	17	17
Mrkva	½ šalice	101	8	8
Bijeli kruh	1 kriška	101	12	12
Sok od naranče	1 šalica	81	20	16
Banana	1 kom	75	27	20
Tjestenina	1 šalica	58	40	23
Mlijeko	1 šalica	38	12	5
Grejp	½ kom	36	10	2
Višnje	1 šalica	31	24	7

**Tablica 4** Kategorije glikemijskog opterećenja (GL) (Atkinson i sur., 2008.)

Razina iAUC	GL
Niska	$GL \leq 10$
Srednja	$20 \geq GL > 10$
Visoka	$GL > 20$

Wolever 2006. godine navodi kako se matematički GL za određenu namirnicu računa prema sljedećem izrazu (1):

$$GL = \frac{GI * \text{sadržaj ugljikohidrata (g)}}{100} \quad (1)$$

Sadržaj ugljikohidrata se uzima iz odgovarajućih tablica sastava namirnica ili iz referentnih radova.

## 2.2. GLIKEMIJSKI INDEKS I PREHRAMBENA INDUSTRIJA

Suvremeni trendovi u prehrani su nešto o čemu se svakako treba voditi računa kada se pristupa razvoju novog proizvoda. Promjene životnog stila uzrokuju i promjene u načinu prehrane. Sve veća prisutnost određenih bolesti, poput primjerice dijabetesa, raznih alergija, pretilosti ili kardiovaskularnih bolesti uzrokovanih stresom koje donosi suvremeni način života, ponukao je potrošače da vode više računa o svojoj prehrani. Osim toga, potrošači se sve više informiraju i educiraju o nutritivnim vrijednostima pojedinih namirnica te njihovim učincima na organizam (Ferenčević, 2007.).

Kako je teško utjecati na prehrambene navike potrošača, današnja prehrambena industrija razvija nove proizvode tipa kruha, tjestenine i snack proizvoda koje konzumira široka populacija, obogaćene sastojcima koji su slabo zastupljeni u svakodnevnoj prehrani, te funkcionalne proizvode koji imaju dokazan pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi. Nuzproizvodi prehrambene industrije, poput tropa jabuke bogat su izvor polifenola, vlakana i  $\beta$ -glukana (Šubarić i sur., 2013.). Javni i znanstveni interes oko GI su se značajno povećali kroz zadnjih 15-ak godina zbog velikog broja znanstvenih istraživanja kojima je dokazan utjecaj GI hrane na različite zdravstvene aspekte. Poseban interes predstavljala je njegova uloga u kontroli tjelesne mase. Nažalost, povećani interes je rezultirao i brojnim nepravilnim interpretacijama i zabudama. Generalno gledano, pojam GI se danas koristi neprimjereno (Wolever, 2006.).

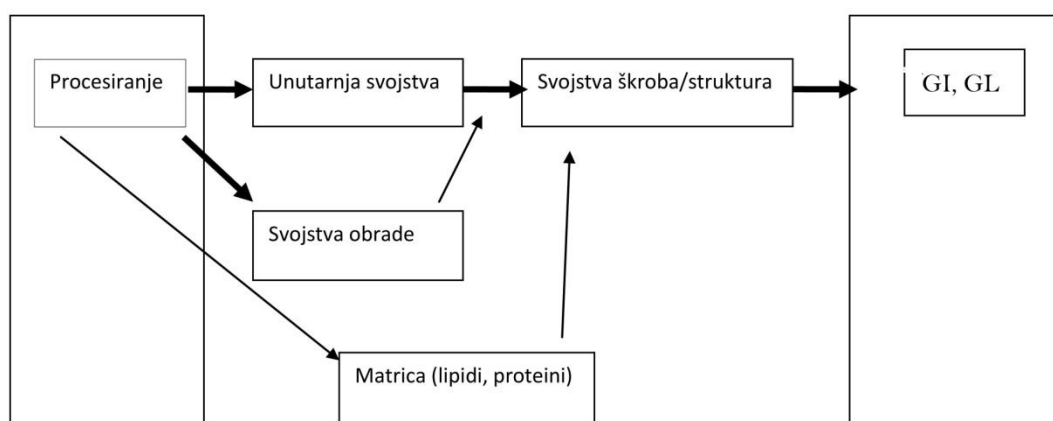
Nakon što je utvrđeno kako prehrambena vlakna imaju mogućnost smanjenja GR, što je povezano s njihovom viskoznošću, započela je usporedba hrane za koju je smatrano kako sadrži viskozna i neviskozna prehrambena vlakna. Nakon toga provedena je usporedba GR različitih cjelovitih žitarica bogatih vlaknima kao i onih kojima je smanjen udio vlakana, sa kruhom, rižom, špagetima te je utvrđena razlika između posljednja tri dok nije bilo razlike kod cjelovitih žitarica. Rezultat je bio prilično čudan i istraživači su htjeli usporediti GR s velikim brojem drugih namirnica (Wolever, 2006.). Kao rezultat toga nastao je GI (Jenkins i sur., 1981.).

Za GI dokazano je kako ima veći značaj u prehrani nego kemijska klasifikacija ugljikohidrata omogućujući time nove spoznaje o odnosu između fizioloških učinaka hrane bogate ugljikohidratima i zdravlja.

Označavanje hrane i prehrambenih proizvoda sa oznakom za GI bi trebalo povećati informiranost potrošača i pomoći im oko odabira i kupovine hrane. Kriterij koji opravdava stavljanje oznake GI na hranu vjerojatno bi trebao uključiti informacije na koju vrstu hrane bi se oznake trebale staviti te koja je minimalna količina ugljikohidrata u prosječnoj porciji hrane. Ostala važna pitanja su vrijednosti GI za složene prehrambene proizvode, informacije oko načina na koji se hrana konzumira, označavanje svježih hrane kao što je voće i povrće, individualne varijacije, varijacije od osobe do osobe u reakciji na GI, varijacije u sastavu prehrane i sl. Edukacija javnosti kako razumjeti i koristiti GI veliki je izazov (Danone/FAO, 2001.).

Globalno gledajući, samo mali broj proizvođača stavlja oznake za GI na deklaracije i stoga ne čude istraživanja koja pokazuju kako vrijednosti za GI gleda samo 7 % ispitanika. Međutim zbog svijesti o važnosti GI u Australiji čak 82 % ispitanika na deklaraciji pregledava vrijednosti za GI. U Europi i Sjedinjenim Američkim Državama još nisu postignuti ovakvi rezultati jer se smatra kako bi poruke o upravljanju GUK mogle zbuniti potrošače (Mitchell, 2008). Za osobe oboljele od dijabetesa označavanje prehrambenih proizvoda, u vidu hrane sa niskim GI, moglo bi biti korisno međutim značaj GI za zdravu populaciju još se uvijek čini nejasnim te se ne može sa potpuno točnom sigurnošću reći u kojoj bi mjeri označavanje hrane pridonijelo javnom zdravlju (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.). Ipak postoji sve veće zanimanje potrošača za deklariranjem GI na proizvodima. Najviše je postignuto u Australiji gdje je označavanje ostvareno još 2002. godine, ali sve više država poput Francuske, država Ujedinjenog Kraljevstva ili Skandinavije, slijedi njihov primjer (Banjari, 2010.).

Između svih drugih čimbenika, procesiranje hrane igra važnu ulogu utječući na finalnu vrijednost GI dobivenog proizvoda (**Slika 2**) (Balunkeswar i sur., 2013.).



**Slika 2** Mehanizam procesiranja koji utječe na glikemijski indeks (GI) i glikemijsko opterećenje (GL) (Balunkeswar i sur., 2013)

## 2.3. METABOLIZAM GLUKOZE

Ugljikohidrati koji se nalaze u prehrani ljudi mogu se, prema stupnju polimerizacije, klasificirati kao: monosaharidi (izgrađeni od jedne jedinice šećera), disaharidi (2 jedinice), oligosaharidi (od 3 do 10 jedinica) i polisaharidi (više od 10 jedinica). Međutim, u probavnom sustavu ljudi moguća je jedino apsorpcija monosaharida. Prema tome, kako bi podigli nivo razine GUK di-, oligo- i polisaharidi prvo se moraju putem probave razgraditi na njihove sastavne dijelove ili monosaharide. Većina probavljivih ugljikohidrata koji su uobičajeno konzumirani u prehrani sastoje se od saharoze (glukoze i fruktoze), laktoze (glukoze i galaktoze) te polisaharida škroba (polimera glukoze). Prema tome, većina dostupnih ugljikohidrata u prehrani apsorbira se kao glukoza (oko 70 do 85 %) dok je ostatak najčešće mješavina fruktoze i galaktoze. Fruktoza i galaktoza se u jetri prevode u glukozu te zbog toga ne povećavaju značajno razinu GUK (Wolever, 2006.).

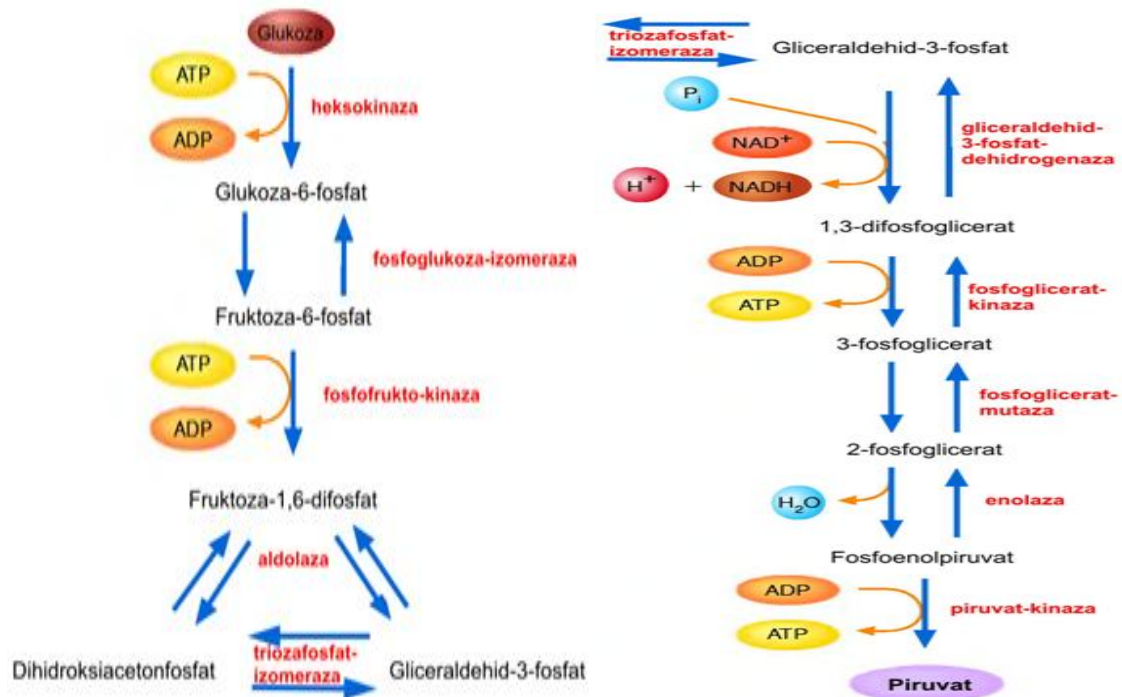
Glavni metabolički putevi razgradnje i sinteze ugljikohidrata kod ljudi su:

- a) *glikoliza ili razgradnja glukoze,*
- b) *glukoneogeneza ili biosinteza glukoze iz neugljikohidratnih izvora,*
- c) *put pentoza fosfata ili sinteza pentoza iz glukoze,*
- d) *glikogeneza ili sinteza glikogena i*
- e) *glikogenoliza ili razgradnja glikogena.*

Ovi su metabolički putevi međusobno povezani zajedničkim međuproduktima, a odvijaju se u stanici ovisno o energetske potrebama stanice (Strelec, 2013.).

U jetrenim stanicama nalaze se enzimi koji pomažu pretvorbe između monosaharida glukoze, fruktoze i galaktoze. Nadalje, slijed je reakcija takav da je konačni proizvod gotovo isključivo glukoza kad jetra otpušta monosaharide natrag u krv. Jednostavno rečeno, više od 95 % svih monosaharida koji kolaju krvlju nalazi se u krvi kao konačni oblik pretvorbe, odnosno kao glukoza (Guyton i Hall, 2003.).

Glikoliza je metabolički put razgradnje glukoze do piruvata uz istovremeno nastajanje osnovne energetske jedinice, adenozin trifosfata (ATP). Odvija se u citoplazmi stanice, a svrha ciklusa je razgradnja glukoze kako bi se dobio ATP i druge preteče za sintezu staničnih tvari (**Slika 3**).



**Slika 3** Proces glikolize (Strelec, 2013.)

Kada se u organizmu potroše zalihe glukoze, počinje glukoneogeneza koja je metabolički put biosinteze glukoze iz neugljikohidratnih preteča. Proces se odvija većim dijelom u jetri (90 %), a manjim dijelom u bubrezima (10 %) (Strelec, 2013.).

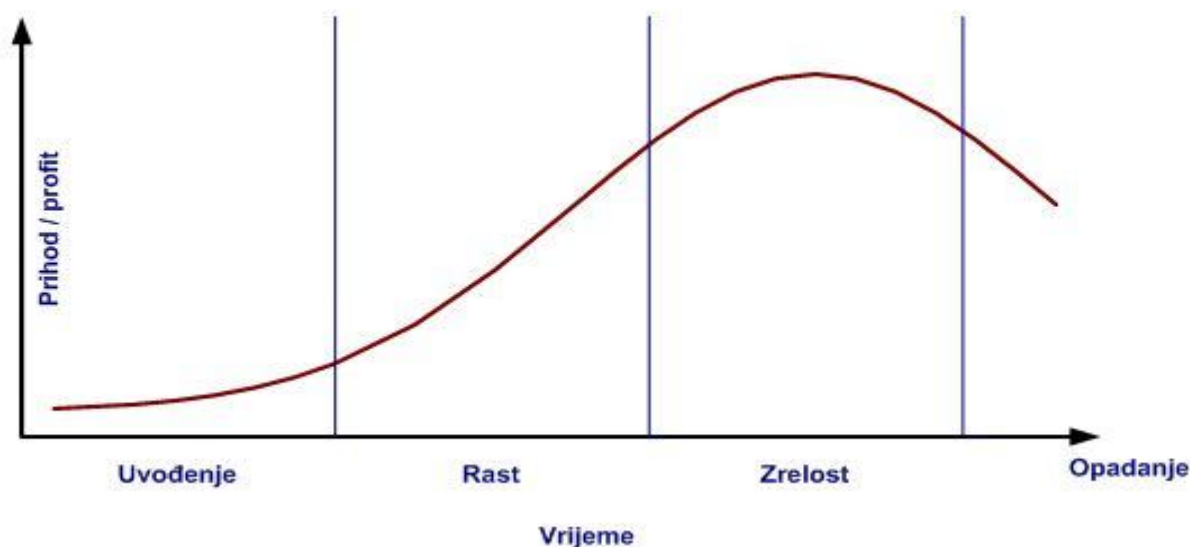
## 2.4. RAZVOJ NOVIH PROIZVODA

Proizvod može biti nov za tvrtku ili za tržište, ili i za tvrtku i za tržište. Također, novi proizvodi podrazumijevaju i širenje postojeće proizvodne linije, poboljšanje te repozicioniranje postojećih proizvoda (Kotler, 2001.).

Proces razvoja novog proizvoda je usklađen s ISO procesima i standardima. Prilično jasno su definirane ovlasti i odgovornosti pojedine faze/podfaze procesa (**Slika 4**). Proces uvođenja novog proizvoda na tržište može se generirati u šest osnovnih faza kako slijedi:

- A. **Generiranje ideja** – moglo bi se reći da je ovo zapravo i „nulta faza“, jer u datom trenutku proizvod još nije formalno pokrenut. Ideja o novom proizvodu može biti inicirana iz svih organizacijskih cjelina.
- B. **Razvoj proizvoda** – ova faza podrazumijeva razvoj recepture novog proizvoda u laboratoriju. Nakon usuglašenih laboratorijskih proba prelazi se na pogonske probe kako bi se postigli optimalni tehnološki uvjeti proizvodnje. Proces se ciklički ponavlja dok se ne postignu kvalitativna i organoleptička svojstva definirana na početku projekta.
- C. **Testiranje proizvoda** – proizvod se testira na ciljanoj skupini potrošača. Najčešće se provode „blind“ testovi kod kojih se novo razvijeni proizvod testira u usporedbi sa konkurentskim proizvodom.
- D. **Operacionalizacija** – nakon što je proizvod definiran i potvrđena njegova finalna receptura, prelazi se na operacionalizaciju procesa koja obuhvaća pisanje deklaracije i njihovo prevođenje na jezike koji se koriste na tržištima na koja se proizvod lansira, pisanje tehničke dokumentacije, finalizaciju dizajna ambalaže te druge pripremne radnje koje su preduvjet za integraciju proizvoda na tržištu.
- E. **Implementacija** – obuhvaća prvu proizvodnju te lansiranje proizvoda na tržište. Glavnu ulogu sada preuzima sektor prodaje. Vršiti se uvrštavanje proizvoda u prodajne lance prema definiranim ciljevima i vremenskim rokovima.
- F. **Kontrola** – iako se navodi na kraju, ova faza zapravo kreće paralelno sa pokretanjem procesa. Proces je konstantno potrebno uspoređivati sa zadanim parametrima i ciljevima. U momentu odstupanja od inicijalno definiranih pretpostavki potrebno je proces vratiti u prethodnu fazu ili podfazu (Ferenčić, 2007.).

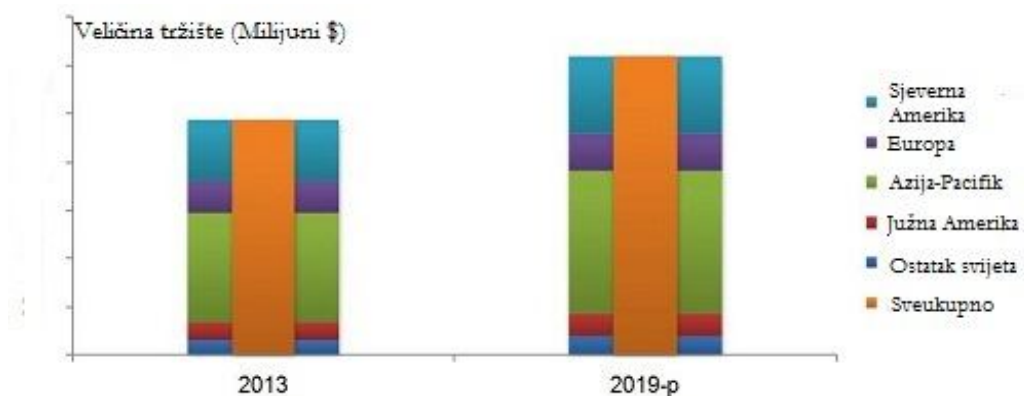




**Slika 4** Proces razvoja novog proizvoda u odnosu na životni ciklus proizvoda  
(Franjković, 2010.)

Istraživanje i razvoj su ključne komponente održivog razvoja baziranog na inovacijama jer omogućuju stvaranje proizvoda sa dodanom vrijednošću, procesa i usluga o kojima sve više ovise budućnost kompanija (UK Department and Industry, 2006.).

Tržište ekstrudiranih snack proizvoda određeno je na temelju navika potrošača, marketinške strategije tvrtki i atraktivne ambalaže. Vodeći proizvođači usvajaju nove proizvode te ih plasiraju na tržište kako bi ostali konkurentni. Koriste se različiti sastojci u proizvodnji ekstrudiranih snack proizvoda kako bi se potaknulo ovo tržište. Procjenjuje se da bi ovo tržište moglo narasti do 31 milijarde dolara do 2019. godine. U 2013. godini Azija je bila najveće tržište ekstrudiranih snack proizvoda, a procjenjuje se da će ono rasti po najvećoj stopi u razdoblju od 2014. do 2019. godine (**Slika 5**). Za indijsko tržište se predviđa stopa rasta od 12 % u tom razdoblju, dok tržište Latinske Amerike ima tendenciju postati drugo najbrže rastuće tržište (Markets and Markets, 2014.).



**Slika 5** Prikaz porasta proizvodnje ekstrudiranih snack proizvoda na različitim tržištima  
(Markets and Markets, 2014)

U 2013. godini, najveći udio u ekstrudiranim proizvodima imali su proizvodi na bazi krumipra, a njih su slijedili proizvodi na bazi kukuruza (Markets and Markets, 2014.).

## 2.5. EKSTRUZIJA

Ekstruzija je proces u kojemu se materijal prisiljava na gibanje, uz istovremeno miješanje i/ili zagrijavanje/hlađenje, kroz suženi otvor kako bi se proizvod oblikovao i/ili ekspandirao uz sušenje. Materijal koji se ekstrudira mora biti djelomično ili potpuno u obliku fluida kako ne bi došlo do blokiranja otvora prilikom izlaska materijala pri određenom tlaku (Babić, 2011.).

Ekstruzija uključuje jedan ili više procesa, a to su:

- aglomeracija – povezivanje manjih čestica u veće,
- uklanjanje plinova – namirnice koje sadrže mjehuriće zraka mogu se ukloniti primjenom ekstruzije,
- dehidracija – uklanjanje vlage, može se postići gubitak vlage od 4 do 5 %,
- ekspanzija – stupanj ekspanzije postiže se kontrolom procesnih parametara i konfiguracijom ekstrudera,
- želatinizacija – ekstruzija poboljšava želatinizaciju škrobnih namirnica,
- usitnjavanje – tijekom prolaska kroz ekstruder može doći do usitnjavanja čestica,
- homogenizacija i miješanje,
- pasterezacija i sterilizacija – primjenom različitih uvjeta (temperatura) ekspanzije,
- denaturacija proteina – do denaturacije dolazi zbog primijenjene temperature,
- oblikovanje – različiti ekstrudati ovisno o primijenjenoj sapnici,
- promjena teksture namirnica – zbog primijenjenih uvjeta dolazi do različitih fizikalnih i kemijskih promjena,
- kuhanje – termičko tretiranje (Riaz, 2000.).

Kod tehnološke primjene ekstruzije u proizvodnji prehrambenih proizvoda obično se razlikuju tri osnovna postupka:

### 1. Hladno ekstrudiranje

- temperature: 40 – 70 °C;
- tlak: 60 – 90 x 10<sup>5</sup> Pa;
- nema zagrijavanja cilindra i sapnice;
- hlađenje samo radi odvođenja topline stvorene trenjem.

## 2. Želatinizacija

- temperature: 70 – 120 °C;
- tlak: 70 – 130 x 10<sup>5</sup> Pa;
- zagrijavanje ili hlađenje cilindra radi režima rada u zonama.

## 3. Toplo ekstrudiranje

- temperature: 130 – 180 °C;
- tlak: 120 – 250 x 10<sup>5</sup> Pa;
- cilindri i sapnice se griju ili hlade, radi održavanja režima rada (Pozderović, 2009.).

U usporedbi s klasičnim postupcima obrade hrane, primjena ekstruzije ima brojne prednosti:

- prilagodljivost – proizvodnja širokog spektra različitih proizvoda jednostavnim promjenom uvjeta procesa ili sastojaka,
- jednostavno postizanje različitih svojstava proizvoda (oblici, tekstura, boja...),
- visoko iskorišćenje energije – uporaba sirovina s relativno niskom vlažnosti te je, samim time, potrebno manje energije za sušenje,
- mali gubici energije i niski operativni troškovi u usporedbi s drugim procesima termičke obrade i oblikovanja,
- visoka kvaliteta proizvoda – pripada HTST postupcima (high temperature/short time) što smanjuje degradaciju nutrijenata uz povećanje probavljivosti proteina i škrobova te dolazi do smanjenja broja mikroorganizama,
- razvoj novih proizvoda – mogu se modificirati proteini, škrobovi i druge komponente prehrambenih proizvoda,
- visoka produktivnost i kontinuiranost procesa,
- brza kontrola kvalitete,
- mala količina otpada (nuzproizvoda) – manji su gubici i zagađenje okoliša,
- dobra korelacija pilot postrojenja s procesnim postrojenjima (Riaz, 2000.).

Ekstruderi za prehrambene proizvode mogu se podijeliti prema nekoliko kriterija kao što su:

1. Termodinamički uvjeti rada
  - a) adijabatski ekstruderi
  - b) izotermni ekstruderi
  - c) politropski ekstruderi
2. Način stvaranja tlaka
  - a) ekstruderi pozitivnog tlaka, tzv. direktnog tipa
  - b) ekstruderi indirektnog tipa, viskozno-tlačnog toka
3. Veličina smicanja
  - a) nisko-smični ekstruderi
  - b) srednje-smični ekstruderi
  - c) visoko-smični ekstruderi (Pozderović, 2009.).

### 2.5.1. Kemijske i nutritivne promjene koje se odvijaju tijekom ekstruzije

Generalno gledajući, tijekom ekstruzije dolazi do pet glavnih fizikalno-kemijskih promjena koje su prikazane u **Tablici 5**.

**Tablica 5** Osnovne promjene do kojih dolazi tijekom procesa ekstruzije (Carmine, 2000.)

Osnovne promjene do kojih dolazi tijekom procesa ekstruzije	Cijepanje molekula
	Gubitak prirodne konfiguracije (strukture)
	Rekombinacija fragmenata i njihovo povezivanje
	Termička degradacija
	Izdvajanje ulja, isparavanje vode i lakohlapivih komponenti

Sastav sirovina se tijekom procesa mijenja te dolazi do gubitka vlage, hlapivih komponenti i ulja. Budući da se većina kemijskih reakcija odvija u području istiskivanja materijala kroz sapnicu, termolabilne komponente kao što su arome i vitamini mogu se injektirati u tom području kako bi se smanjio utjecaj topline i smicanja. Ekstruzija, a samim time i promjene koje se odvijaju tijekom procesa ovise o više čimbenika koji su dani u **Tablici 6**.

**Tablica 6** Čimbenici koji utječu na promjene tijekom ekstruzije (Carmine, 2000.)

Čimbenici koji utječu na promjene tijekom ekstruzije	
Primarni čimbenici	Sekundarni čimbenici
Temperatura kućišta	Temperatura mase
Geometrija kućišta	Tlak
Tip ekstrudera	Specifična mehanička energija
Konfiguracija puža	
Brzina okretanja puža	
Vlažnost materijala	
Sastav materijala	
Brzina doziranja materijala	

### 2.5.2. Sirovine u proizvodnji ekstrudiranih proizvoda

Sirovine koje se koriste za ekstrudiranje se zovu bipolimeri, a to su tvari bogate škrobom i/ili proteinima (Pozderović, 2009.).

Žitarice kao što su kukuruz, zob, pšenica, riža, ječam, tapioka i raž predstavljaju najznačajnije i najzastupljenije sirovine u proizvodnji ekstrudiranih proizvoda. Svim navedenim sirovinama zajedničko je da u svom sastavu imaju velike količine škroba koji tijekom procesa ekstruzije značajno mijenja svoja svojstva i tako utječe na kakvoću i teksturu gotovog proizvoda (Jukić i sur., 2010.). Pored škroba, druga osnovna komponenta ekstrudiranih proizvoda su proteini, a koriste se biljni proteini (sojini, sjemenki suncokreta, pšenični gluten, i dr.). Većinom, tijekom ekstruzije procesiraju se tjestaste smjese, brašna žitarica ili proteinskih smjesa pri čemu se škrob želatinizira, a proteini poboljšavaju elastičnost i zadržavanje plinova.

Kod odabira sirovina primarni je čimbenik nutritivna vrijednost, zatim slijede cijena i dostupnost sirovine, a na kakvoću sirovina značajno utječu skladištenje i priprema. Dobra proizvođačka praksa ključna je kako bi se izbjegle oscilacije u kakvoći proizvoda uzrokovane promjenama kakvoća sirovina (Babić, 2011.).

Trop jabuke je glavni nusproizvod koji zaostaje nakon usitnjavanja i prešanja jabuka tijekom proizvodnje soka. Predstavlja 30 % od cijelog ploda te je vrlo podložan biorazgradnji (Grigoras i sur., 2013.). Trop jabuke sadrži oko 10,8 % vlage, 0,5 % pepela te 51.1 % prehrambenih vlakana (Sudha i sur., 2006.). Kvaliteta tropa jabuke procjenjuje se na temelju komponenata koje se nalaze u samom plodu i koje zaostaju nakon prešanja (Grigoras i sur., 2013.). Osim polifenola i terpenoida, u tropu jabuke se nalaze veće količine pektina, od 13 % do 39 % (izraženo na suhu tvar) te je vrlo dobar izvor prehrambenih vlakana (Royer i sur., 2006.).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**



### 3.1. ZADATAK

Cilj ovog rada bio je ispitati i odrediti GI kukuruznih snack proizvoda s dodatkom tropa jabuke u različitim koncentracijama, što je nastavak ranije provedenog ispitivanja o utjecaju nuzproizvoda prehrambene industrije na GI (Marić, 2014.). Osim toga, određivana su senzorska svojstva i prihvatljivost navedenih proizvoda, utjecaj na subjektivni osjećaj sitosti te dolazi li eventualno do nuspojava nakon konzumacije istih. Istovremeno cilj je bio utvrditi komercijalni potencijal novo razvijenih proizvoda.

### 3.2. ISPITANICI

Odabir zdravih ispitanika proveden je prema zahtjevima metode ISO 26 642:2010, na temelju odsutnosti alergija ili netolerancija te odsutnosti bilo kakvih lijekova koji utječu na toleranciju glukoze. Ispitanici su se tijekom istraživanja morali pridržavati postavljenih uvjeta poput dolaska na ispitivanje 8 do 10 sati na tašte, nisu smjeli prethodne večeri konzumirati alkohol te su zamoljeni ne izvoditi intenzivne tjelovježbe prije testiranja. U istraživanju je sudjelovalo 10 ispitanika oba spola.

U provedenom istraživanju sudjelovalo je 10 ispitanika (6 muškog spola i 4 ženskog spola) u dobi od 18 do 25 godina, gdje svi ispitanici žive kao samci, te niti jedan od ispitanika nema djece. Svih deset ispitanika su studenti. Troje ispitanika živi u studentskom domu, troje ispitanika žive sami, dok četvero ispitanika živi s roditeljima. Prosječni mjesečni prihodi po kućanstvu kreću se između 1500 kn i 2500 kn. Petoro od deset ispitanika ima srednju stručnu spremu, dok ostala polovica ima višu stručnu spremu. Među ispitanicima ima troje pušača, koji u prosjeku dnevno popuše između 5 i 10 cigareta a pušači su između 5 i 8 godina. Nadalje, većina ispitanika su rijetki konzumenti alkohola, sedam od njih deset se izjasnilo da jednom mjesečno konzumiraju alkohol, dok njih troje uživa alkohol dva do tri puta tjedno. Osam ispitanika smatra da se brinu za svoje zdravlje, dok su se ostalih dvoje izjasnili sa ne. Ispitanici popiju dnevno između 1,5 i 2 litre vode, te konzumiraju dvije do tri kave dnevno.

### 3.3. MATERIJALI

Na katedri za tehnologiju ugljikohidrata, Zavoda za prehrambene tehnologije, Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek razvijeni su novi ekstrudirani proizvodi na bazi kukuruzne krupice, uz dodatak tropa jabuke.

Proizvodi koji su testirani bili su: proizvod od čiste kukuruzne krupice (**test uzorak 2**), kukuruzne krupice uz dodatak 10 % tropa jabuke (**test uzorak 3**), kukuruzne krupice uz dodatak 13 % tropa jabuke (**test uzorak 4**) i kukuruzne krupice uz dodatak 16 % tropa jabuke (**test uzorak 5**). Test uzorak 2 služio je kao pozitivna kontrola, odnosno radi usporedbe novo razvijenih proizvoda s komercijalno dostupnim proizvodom.

Kao standardna namirnica (kontrola) korišten je bijeli pšenični kruh (**test uzorak 1**).

### 3.4. METODA ISTRAŽIVANJA

Metoda kojom je određivan GI indeks provedena je prema normi ISO 26 642:2010 i predstavlja međunarodno priznatu metodu za određivanje GI.

Provjera sastava tijela ispitanika provedena je na uređaju Tanita MC-180, dok se za uzimanje uzoraka krvi ispitanika koristio lancetar MICROLET®2 Bayer uz pomoć trakica Bayer CONTOUR® NEXT kojima su bili analizirani uzorci kapilarne krvi. Određivanje razine glukoze u krvi provedeno je upotrebom Bayer CONTOUR® NEXT USB glukometra.

#### 3.4.1. Protokol istraživanja

Zdravi ispitanici oba spola, minimalne dobi 18 godina, došli su na prvi termin gdje su upoznati s protokolom istraživanja te su nakon pristanka potpisali Suglasnost za sudjelovanje (**Prilog 1**). Ispitanici su se nasumičnim postupkom primjenom metode randomizacije raspodijelili po terminima i obzirom na broj test uzoraka. Na prvi termin ispitanici su došli nakon minimalno 10 sati na tašte, te im je izmjereno stanje uhranjenosti pomoću uređaja Tanita MC-180 uz mjerenje visine stadiometrom (Seca, UK). Potom su ispitanici ispunili

Anketu o općim podacima (**Prilog 2**), te su u laboratoriju na temelju provedene randomizacije dobili test hranu (proizvod kojemu se određuje GI), odnosno kontrolni uzorak uz koji su popili još 250 ml vode. Svakome je ispitaniku primjenom lancetara bio uzet uzorak krvi u vremenskom intervalu od 120 minuta (-5', 0', 15', 30', 45', 60', 90', 120'), te izmjeren uz pomoć glukometra. Sva mjerenja su bilježena u obrazac kliničke procjene (**Prilog 3**). U periodu između 2 mjerenja, ispitanici su ispunjavali obrazac o senzorskoj prihvatljivosti hrane koja se analizirala, primjenom hedonističke skale (**Prilog 4**) te obrazac o subjektivnom osjećaju sitosti (**Prilog 5**), odnosno gladi i eventualnim nuspojavama. Istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo za istraživanja na ljudima Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek.

### **3.4.2. Senzorska evaluacija uzoraka**

Metoda kojom je određivana senzorska prihvatljivost test proizvoda provedena je primjenom hedonističke skale (**Prilog 4**).

Cilj senzorske evaluacije bio je otkriti koliko će se testirani proizvodi svidjeti ispitanicima, odnosno koliko im se sviđa njihov okus i kolika će biti njihova senzorska prihvatljivost. Evaluacija o ukusnosti test uzoraka i kontrole provedena je korištenjem hedonističke skale u rasponu ocjena od 1 do 7, gdje se 1 odnosi na „iznimno mi se sviđa“, a 7 na „iznimno mi se ne sviđa“ (**Prilog 4**).

### **3.4.3. Subjektivni osjećaj sitosti za testirane namirnice**

Upitnik o sitosti (**Prilog 5**) bio je sastavljen od 4 vizualne skale gdje su na svakoj skali, u određenoj minuti ispitivanja, ispitanici odgovarali na različito postavljena pitanja koja su se odnosila na njihovu trenutnu želju za jelom, glad, sitost i na to koliko bi mogli pojesti u tom trenutku. Ispitanici su bili zamoljeni da iskažu svoj osjećaj stavljanjem okomite crte na skalu gdje ekstremno lijeva točka označava osjećaj potpune sitosti, osim u trećoj skali, za pitanje o tome koliko se puni osjećaju, gdje ide u obrnutom smjeru. Nakon toga ravnalom su se mjerila mjesta označena na skali te se računala ukupna subjektivna ocjena za apetit prema formuli (2):

$$\frac{(Q1 + Q2 + (100 - Q3) + Q4)}{4} \quad (2)$$

gdje je:

Q1 - „koliko je jaka Vaša želja za jelom“,

Q2 - „koliko se gladno osjećate“,

Q3 - „koliko se osjećate punima“,

Q4 - „što mislite koliko biste sada mogli pojesti“ (**Prilog 5**).

#### 3.4.4. Odvaga test namirnica i standarda

Prema zahtjevima metode ISO 26 642:2010, porcija hrane mora sadržavati 50 g slobodnih (probavljivih) ugljikohidrata te su se prema tome, na sljedeći način, izračunale potrebne odvage test uzoraka i kontrole:

##### Kontrola – Test uzorak 1

43,3 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka

50 g slobodnih ugljikohidrata ~ X

---

$$x = \frac{100 \times 50}{43,3} = \mathbf{115,5 \text{ g uzorka}}$$

##### Test uzorak 2

76,1 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka

50 g slobodnih ugljikohidrata ~ X

---

$$x = \frac{100 \times 50}{76,1} = \mathbf{67,0 \text{ g uzorka}}$$

### Test uzorak 3

59,6 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka

50 g slobodnih ugljikohidrata ~ X

---


$$x = \frac{100 \times 50}{59,6} = \mathbf{83,9 \text{ g uzorka}}$$

### Test uzorak 4

61,7 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka

50 g slobodnih ugljikohidrata ~ X

---


$$x = \frac{100 \times 50}{61,7} = \mathbf{81,0 \text{ g uzorka}}$$

### Test uzorak 5

63,5 g slobodnih ugljikohidrata u 100 g uzorka

50 g slobodnih ugljikohidrata ~ X

---


$$x = \frac{100 \times 50}{63,5} = \mathbf{78,8 \text{ g uzorka}}$$

### 3.4.5. Statistička obrada podataka

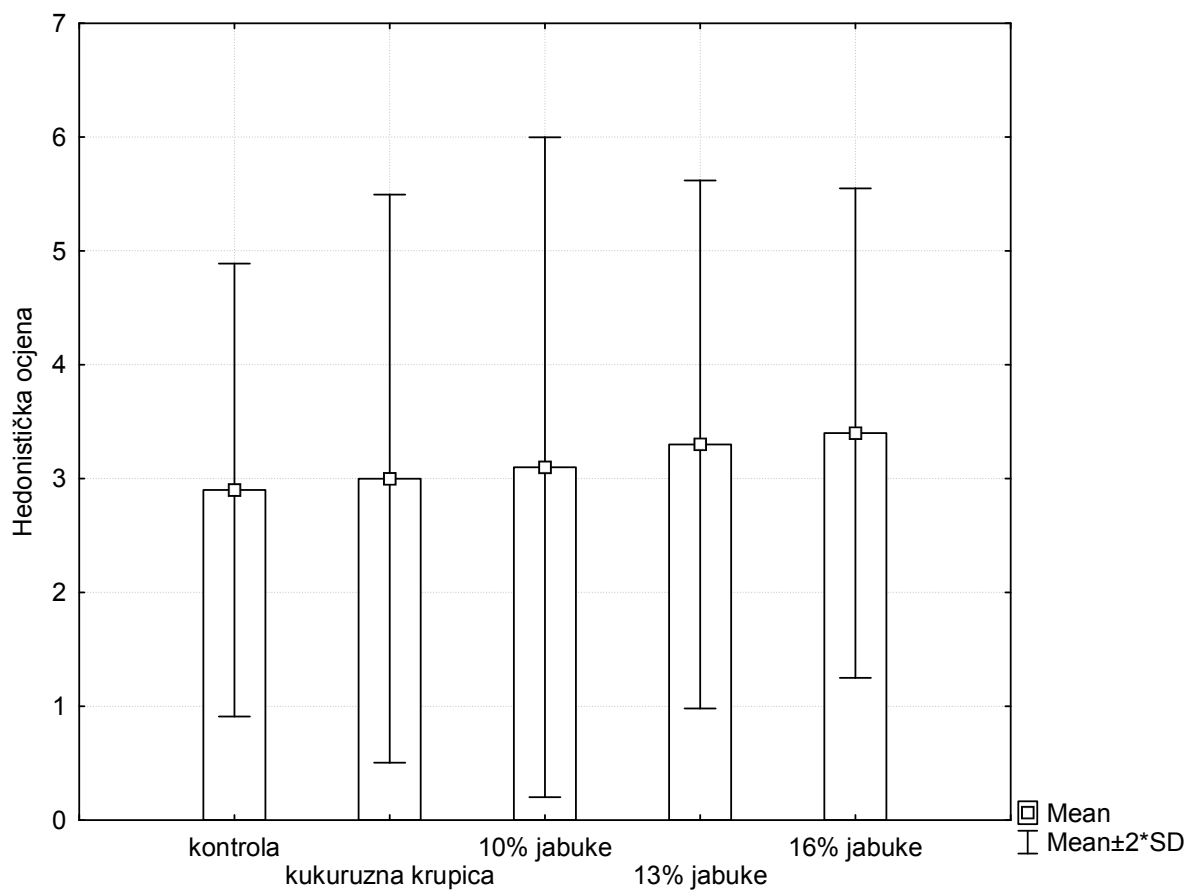
Broj ispitanika potrebnih za sudjelovanje u istraživanju utvrđen je primjenom statističke metode o jačini uzorka, tzv. power analysis. Jačina uzorka je računata tako da je bilo potrebno ostvariti minimalnu jačinu od 80 %, što je standard za ovakav tip kliničkih kontroliranih istraživanja, uz minimalnu promjenu u razini glukoze za istog ispitanika od 0,20 mmol/l. Kako bi se zadovoljili postavljeni uvjeti, potrebno je minimalno deset ispitanika.

Rezultati koji opisuju karakteristike ispitanika su prikazani za svakog ispitanika pojedinačno. Za promjenu razine glukoze, subjektivni osjećaj sitosti, hedonističku ocjenu uzoraka i izračunati GI test uzoraka korištena je aritmetička sredina uz prikaz standardne devijacije. Površina ispod krivulje, iAUC je prikazana je aritmetičkom sredinom i standardnom greškom. Daljnja statistička obrada je uključila primjenu parametrijskih statističkih testova, odnosno primjenu t-testa za nezavisne odnosno za zavisne varijable. Za izračun korelacija numeričkih podataka korišten je Pearsonov test korelacije.

Grafička obrada podataka napravljena je pomoću MS Office Excel tabličnog alata (inačica 2010, Microsoft Corp., USA). Statistička je analiza napravljena pomoću programa Statistica (inačica 12.0, StatSoft Inc., USA), uz odabranu razinu značajnosti od  $p=0,05$ .

## **4.REZULTATI**

#### 4.1. SENZORSKA PRIHVATLJIVOST TEST UZORAKA



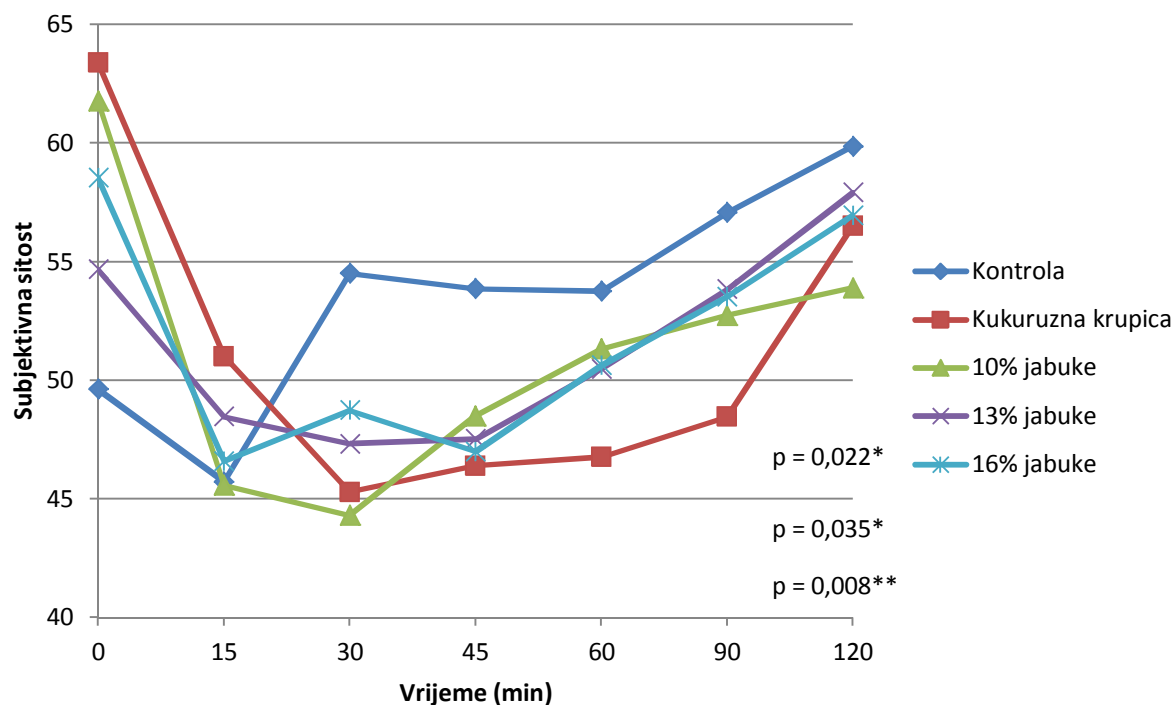
t-test za nezavisne varijable; statistička značajnost kod  $p < 0,05$

Mean – srednja vrijednost; SD – standardna devijacija

**Slika 6** Hedonistička ocjena za pet test uzoraka za okus



## 4.2. SUBJEKTIVNI OSJEĆAJ SITOSTI ZA TEST UZORKE



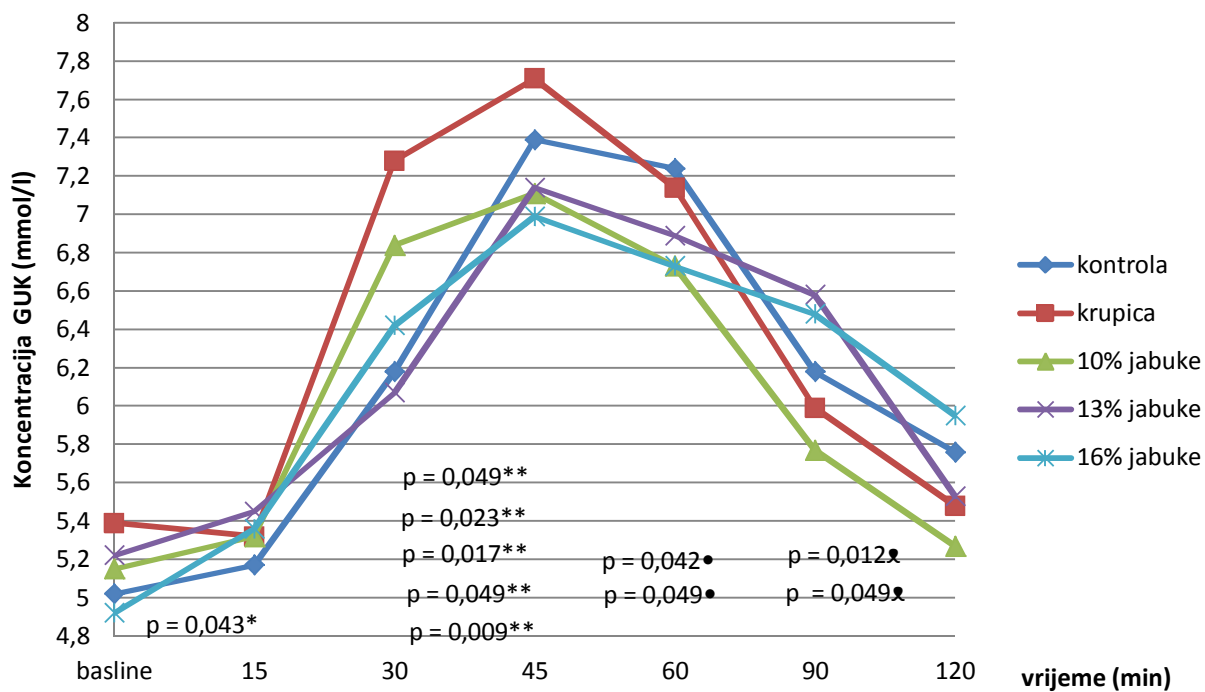
t-test za nezavisne varijable; statistička značajnost kod  $p < 0,05$

\*označava statističku značajnost kontrole i druga dva test uzorka u nultoj min (redom: 10 % tropa jabuke i 16 % tropa jabuke)

\*\*označava statističku značajnost kontrola vs kukuruzna krupica u nultoj min

**Slika 7** Krivulja subjektivnog osjećaja sitosti za pet test uzoraka kroz 120 minuta

#### 4.3. PROMJENA KONCENTRACIJE GLUKOZE U KRVI ZA TEST UZORKE



\*označava statističku značajnost kontrole i kukuruzne krupice (0 min)

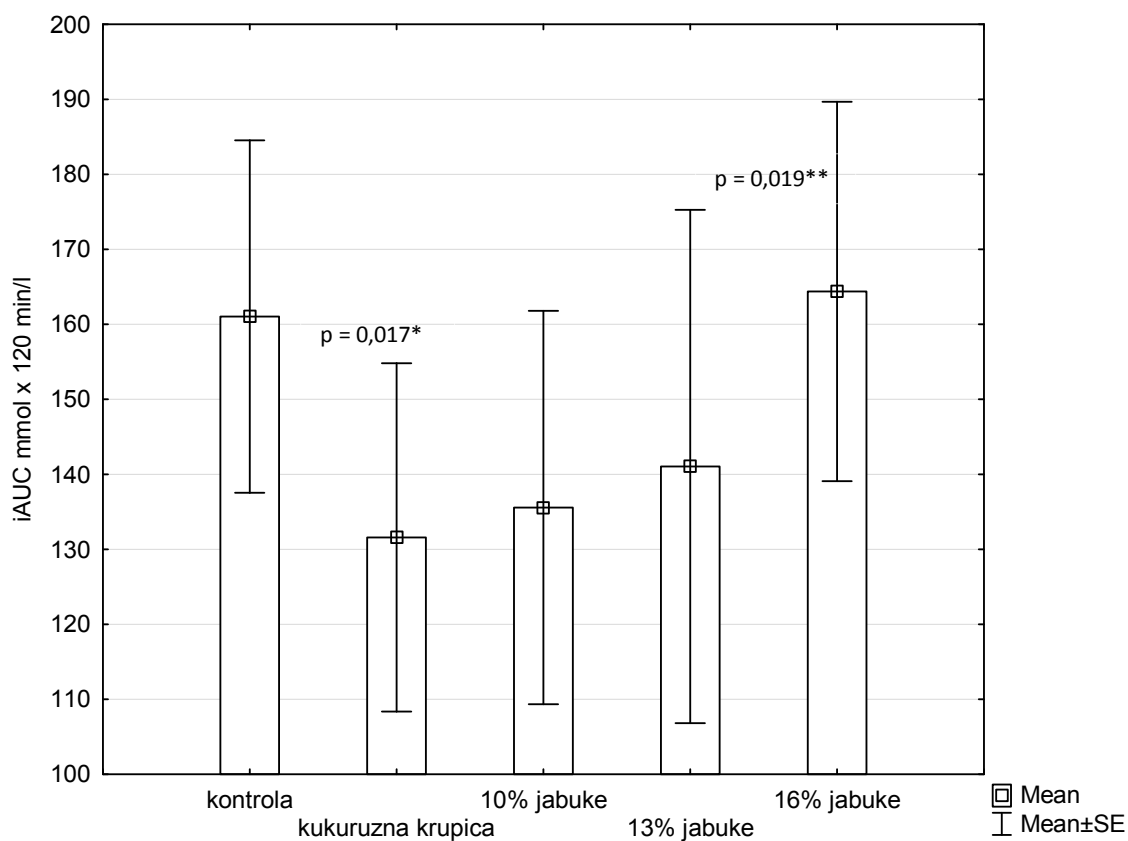
\*\*označava statističku značajnost kukuruzne krupice sa tri uzorka tropa jabuke (redom: 10 % (45 min), 13 % (30 min) i 16 % (0 min, 30 min, 120 min))

• označava statističku značajnost 10 % tropa jabuke sa druga dva uzorka tropa jabuke (redom: 13 % (30 min) i 16 % (120 min))

• označava statističku značajnost 13 % tropa jabuke i 16 % tropa jabuke (redom: (0 min) i (120 min))

**Slika 8** Promjena razine glukoze u krvi za pet test uzoraka kroz 120 minuta

#### 4.4. IAUC ILI UKUPNA POVRŠINA ISPOD KRIVULJE KAO ODGOVOR B-GLUKOZE TEST UZORAKA



t-test za nezavisne varijable; statistička značajnost kod  $p < 0,05$

Mean – srednja vrijednost; SE – standardna greška

\*označava statističku značajnu razliku između kukuruzne krupice i 13 % tropa jabuke;

\*\*između uzoraka s 13 % i 16 % tropa jabuke

**Slika 9** Površina ispod krivulje (iAUC) za pet test uzoraka kroz 120 minuta

#### 4.5. GLIKEMIJSKI INDEKS TEST UZORAKA

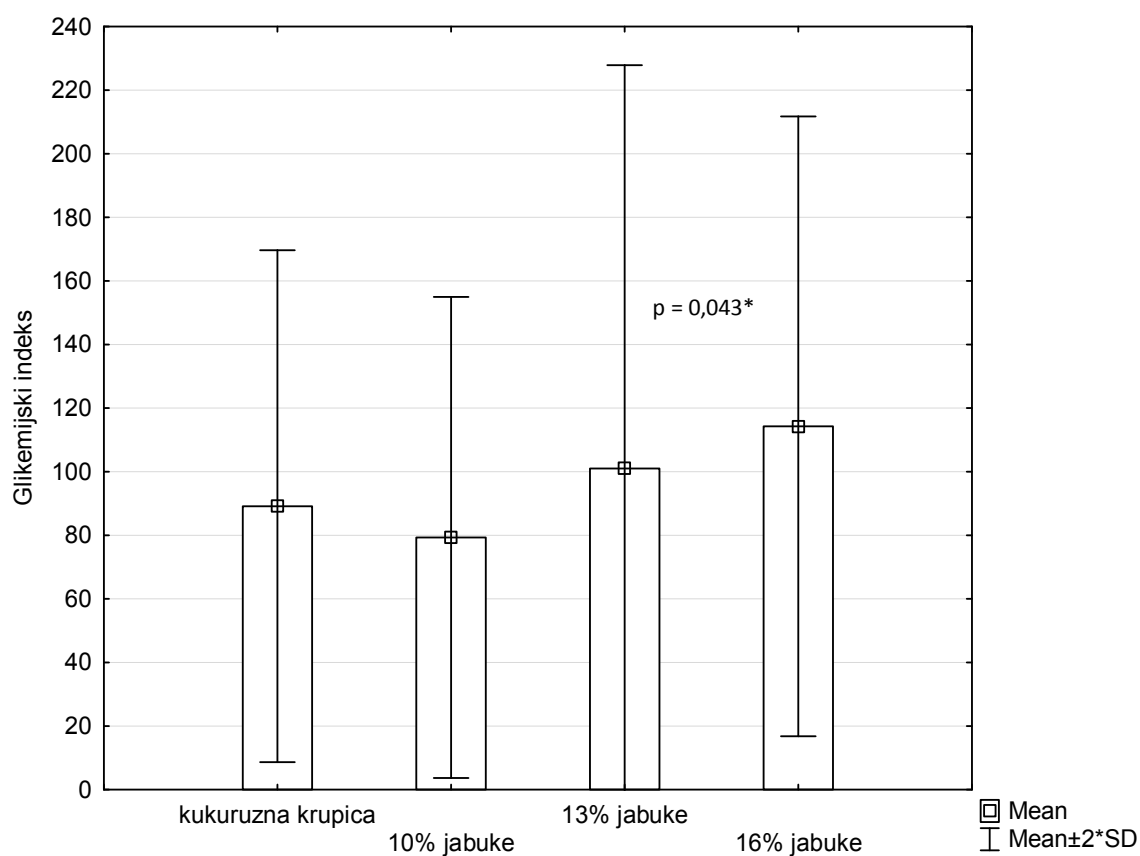
Na osnovi dobivenih rezultata iAUC za kontrolu i test uzorke izračunate su vrijednosti njihovog GI prema formuli (3):

$$GI = \frac{At}{Aref} * 100 \quad (3)$$

gdje je:

At – iAUC test namirnice

Aref – iAUC referentne namirnice



Mean – srednja vrijednost; SD – standardna devijacija

t-test za nezavisne uzorke; \*označava statističku značajnu razliku između uzoraka sa 13 % i 16 % tropa jabuke

**Slika 10** Glikemijski indeks testiranih proizvoda

## **5.RASPRAVA**

## 5.1. SENZORSKA PRIHVATLJIVOST TEST UZORAKA

Nakon što su dobili kontrolu i/ili test uzorke, ispitanici su zabilježili vrijeme koje im je potrebno za konzumaciju istih (**Prilog 3**). Vrijeme potrebno za konzumiranje kontrole, test uzorka 2, test uzorka 3, test uzorka 4 i test uzorka 5 u prosjeku je iznosilo 15 minuta. Korištenjem obrazaca o eventualnim nuspojavama (**Prilog 5**) zabilježena je tek jedna nuspojava prilikom konzumacije kontrole, gdje je ispitanik osjetio blagu mučninu navodeći da mu je servirani obrok bio preobilan. Potrošač novi proizvod uspoređuje sa sličnim proizvodima koji se već nalaze na tržištu (Ferenčić, 2007.), te obzirom da je zadatak bio ocijeniti okus i senzorsku prihvatljivost novih proizvoda, ispitanici su kao jedan od test uzoraka dobili ekstrudirani proizvod samo od kukuruzne krupice. Niža ocjena korelira s boljom prihvatljivošću ispitivanog proizvoda.

Rezultatima istraživanja koje je provedeno na kukuruznim snack proizvodima s 10 %-tnim dodatkom tropa jabuke, pivskog tropa, odnosno repinih rezanaca utvrđeno je kako uzorak s dodatkom 10 % tropa jabuke ima najveći potencijal za komercijalizaciju (Banjari i sur., 2014.). Iz tih je rezultata uslijedio odabir uzoraka za ovo istraživanje, gdje je trop jabuke dodavan u različitim koncentracijama.

U prethodnom istraživanju (Marić, 2014.) najnižu hedonističku ocjenu dobio je uzorak kukuruzne krupice ( $3,30 \pm 0,95$ ), zatim kontrolni uzorak ( $3,40 \pm 1,84$ ), te uzorak kukuruzne krupice s dodatkom 10 % tropa jabuke ( $4,10 \pm 1,35$ ).

S porastom udjela tropa jabuke u novo razvijenom kukuruznom snack proizvodu padala je i prihvatljivost ispitivanih uzoraka. Tako je najnižu prihvatljivost imao uzorak kukuruzne krupice uz dodatak 16 % tropa jabuke ( $3,40 \pm 1,07$ ), uzorak kukuruzne krupice sa dodatkom 13 % osušenog tropa jabuke ( $3,30 \pm 1,16$ ), uzorak kukuruzne krupice sa dodatkom 10 % osušenog tropa jabuke ( $3,10 \pm 1,45$ ), uzorak kukuruzne krupice ( $3,00 \pm 1,25$ ) te kontrolni uzorak ( $2,90 \pm 0,99$ ) (**Slika 6**). Statističkom analizom nisu utvrđene značajne razlike za niti jedan od ispitivanih uzoraka. Drugim riječima, svi uzorci pokazali su dobru prihvatljivost među ispitanicima, odnosno senzorski su dobro prihvaćeni od strane ispitanika i okus im ne odstupa značajno od kontrolnog uzorka i uzorka kukuruzne krupice. Ovi rezultati potvrđuju rezultate prvog istraživanja (Marić, 2014.), odnosno novo razvijeni proizvodi imaju potencijal na tržištu među potencijalnim kupcima.

## 5.2. SUBJEKTIVNI OSJEĆAJ SITOSTI ZA TEST UZORKE

Među ispitivanim novo razvijenim proizvodima nije utvrđena statistički značajna razlika subjektivnog osjećaja sitosti unutar 120 minuta mjerenja. To je svakako pozitivan rezultat, jer je cilj bio razviti proizvod koji će imati jednak osjećaj sitosti kao kontrolni uzorak (pšenični kruh), odnosno pozitivna kontrola (kukuruzna krupica). Konzumacija novo razvijenih ispitivanih proizvoda neće značajno promijeniti osjećaj sitosti.

Istraživanje koje je provela Marić (2014.) pokazalo je kako je subjektivni osjećaj sitosti u 120-toj minuti za uzorak kukuruzne krupice uz dodatak 10 % osušenog tropa jabuke ( $46,0 \pm 22,8$ ) statistički značajno viši u odnosu na uzorak s 10 % pivskog tropa ( $27,8 \pm 17,1$ ;  $p=0,026$ ) i uzorak s 10 % repinih rezanaca ( $43,2 \pm 24,4$ ;  $p=0,036$ ).

U ovom istraživanju uzorci s većim udjelom tropa jabuke imali su viši subjektivni osjećaj sitosti u odnosu na uzorak s 10 % tropa jabuke (**Slika 7**); odnosno  $57,9 \pm 27,6$  za uzorak s 13 % tropa jabuke,  $57,0 \pm 27,6$  za uzorak sa 16 % tropa jabuke i  $53,9 \pm 23,3$  za uzorak s 10 % tropa jabuke. Statističkom analizom nije utvrđena značajna razlika ni za jedan ispitivani proizvod kroz 120 minuta, osim u nultoj minuti između kontrole i uzorka s 10 % tropa jabuke ( $p=0,022$ ) i između kontrole i uzorka sa 16 % tropa jabuke ( $p=0,035$ ) (**Slika 7**).

Subjektivni osjećaj sitosti u direktnoj je vezi sa vrstom konzumirane hrane kao i njegovim sastavom. Unatoč tome što nije utvrđena statistički značajna razlika među ispitivanim uzorcima rezultati idu u prilog pretpostavci da je veći udio tropa jabuke povezan sa većim sadržajem prehrambenih vlakana u konačnom proizvodu. Veći je udio prehrambenih vlakana u proizvodu, posebice topljivih povezan s nižim GI (Wolewer, 2006.) pa tako i većim osjećajem sitosti. Nedostatak korelacije je vjerojatno rezultat relativno male razlike u koncentraciji tropa jabuke (po 3 %) među ispitivanim uzorcima.

### 5.3. PROMJENA KONCENTRACIJE GLUKOZE U KRVI ZA TEST UZORKE

Amplituda porasta GUK-a određuje količinu izlučenog inzulina (Arvidsson-Lenner i sur., 2004.) Stoga, sastav svakog pojedinog obroka ima različit odgovor u vidu aktivnosti gušterače.

Promjena koncentracije GUK-a tijekom 120 minuta za sve testirane uzorke prikazana je na **Slici 8**. Ako izuzmemo kontrolu koja nije pokazala statistički značajnu razliku promjene GUK-a niti u jednoj točki naspram niti jednog od ispitivanih uzoraka, osim kukuruzne krupice u nultoj minuti ( $p=0,043$ ), kod svih drugih uzoraka utvrđena je statistički značajna razlika (**Slika 8**).

Statistički značajna razlika je utvrđena između uzorka kukuruzne krupice te uzorka s 10 % tropa jabuke u 45. minuti ( $p=0,049$ ), uzorka s 13 % tropa jabuke u 30. minuti ( $p=0,023$ ) te uzorka sa 16 % tropa jabuke u 0. minuti ( $p=0,017$ ), 30. minuti ( $p=0,049$ ) i u 120. minuti ( $p=0,009$ ) (**Slika 8**).

Usporedbom među test uzorcima utvrđena je statistički značajna razlika između uzorka s 10 % tropa jabuke i uzorka s 13 % tropa jabuke u 30. minuti ( $p=0,042$ ), gdje viši odziv GUK-a ima uzorak s 10 % tropa jabuke. U 120. minuti je utvrđena statistički značajno viša razina GUK-a za uzorak sa 16 % tropa jabuke u usporedbi s uzorkom s 10 % tropa jabuke ( $p=0,049$ ). Također je utvrđena statistički značajna razlika između uzoraka s 13 % i 16 % tropa jabuke i to u 0. minuti ( $p=0,012$ ) i 120. minuti ( $p=0,049$ ), gdje uzorak sa 16 % tropa jabuke ima viši odziv GUK-a.

Iz krivulje promjene GUK-a (**Slika 8**) kroz 120 minuta može se primijetiti kako ispitivani uzorci s dodatkom tropa jabuke pik dostižu u 45. minuti i on je niži od pika GUK-a za kontrolu i za kukuruznu krupicu. Osim toga, vidljivo je kako uzorak sa 16 % tropa jabuke ima najviši odziv GUK-a, a što uz rezultate dobivene usporedbom s drugim uzorcima s dodatkom tropa jabuke ukazuje na pozitivan učinak topljivih vlakana iz jabuke na postprandijalnu glikemiju (Wolewer, 2006.).

Utvrđena je također statistički značajna korelacija subjektivnog osjećaja sitosti i promjene GUK kroz 120 minuta jedino za kukuruznu krupicu ( $r=-0,76$ ).



#### 5.4. IAUC ILI UKUPNA POVRŠINA ISPOD KRIVULJE KAO ODGOVOR B-GLUKOZE TEST UZORAKA

Kao što je istaknuto ranije, GI se može definirati i kao povezanost inkrementalne ili ukupne površine koja se dobije ispod krivulje kao odgovor  $\beta$ -glukoze testirane hrane (eng. iAUC, Incremental Area Under the blood glucose Curve for the tested meal) koja sadrži 50 grama slobodnih ugljikohidrata te ukupne površine koja se dobije kao odgovor  $\beta$ -glukoze standardne test hrane (eng. iAUCS, Incremental Area Under the blood glucose Curve for the Standard meal) (Chlup i sur., 2004.).

Površina ispod krivulje izračunata je kao zbroj površina trapezoida ispod krivulja za koncentracije GUK testiranih uzoraka (**Slika 8**) te izražena u mmol x 120 min/l.

Izračunate vrijednosti iAUC su kako slijede: kontrola ( $161,03 \pm 76,29$ ); kukuruzna krupica ( $131,59 \pm 73,43$ ); kukuruzna krupica sa dodatkom 10 % tropa jabuke ( $135,57 \pm 82,94$ ); kukuruzna krupica sa dodatkom 13 % tropa jabuke ( $141,04 \pm 108,24$ ); kukuruzna krupica sa dodatkom 16 % tropa jabuke ( $164,38 \pm 79,97$ ).

Utvrđena je statistički značajna razlika između kukuruzne krupice i uzorka sa 13 % tropa jabuke ( $p=0,017$ ), te između uzorka sa 13 % tropa jabuke i uzorka sa 16 % tropa jabuke ( $p=0,019$ ) (**Slika 9**). Dobiveni su rezultati u skladu s promjenom odziva GUK-a kroz 120 minuta.

## 5.5. GLIKEMIJSKI INDEKS TEST UZORAKA

Istraživanje koje je provela Banjari sa suradnicima (2014.) pokazalo kako uzorak s dodatkom tropa jabuke ima najveći potencijal za komercijalizaciju. GI uzorka s 10 % osušenog tropa jabuke iznosio je  $91,4 \pm 35,0$  i bio je statistički značajno najniži u odnosu na uzorak s dodatkom 10 % pivskog tropa ( $137,1 \pm 60,6$ ;  $p=,049$ ) i uzorka s dodatkom 10 % repinih rezanaca ( $136,0 \pm 50,0$ ;  $p=0,033$ ).

GI kukuruzne krupice s dodatkom 10 % tropa jabuke iznosio je  $89,0 \pm 31,1$ ; kukuruzne krupice s dodatkom 13 % tropa jabuke  $109,0 \pm 55,7$ ; te kukuruzne krupice s dodatkom 16 % tropa jabuke  $122,4 \pm 51,0$  (**Slika 10**). Statistički značajna razlika utvrđena je između uzoraka sa 13 % tropa jabuke i 16 % tropa jabuke ( $p=0,043$ ).

Prema kategorizaciji navedenoj u **Tablici 1** dobivene vrijednosti GI za sva tri uzorka, kao i za pozitivnu kontrolu, možemo svrstati u kategoriju VGI. Testirani uzorci sa tropom jabuke pokazali su se kao proizvod koji ima manji GI od kontrole, te možemo zaključiti kako je povećanje sadržaja prehrambenih vlakana imalo pozitivan učinak u vidu snižavanja GI novo razvijenih proizvoda. Ipak su vrijednosti GI visoke, što je djelomično bilo očekivano obzirom da između 84 % i 90 % sirovinskog sastava novo razvijenih proizvoda predstavlja kukuruzna krupica. Iz **Slike 10** vidljivo je kako uzorak s 10 % tropa jabuke ima najmanji GI, a ovaj se proizvod s tehnološkog aspekta proizvodnje pokazao najmanje zahtjevnim u procesu ekstruzije.

## **6. ZAKLJUČCI**

Na osnovu rezultata dobivenih ovim istraživanjem, izvedeni su slijedeći zaključci:

- Analiza senzorske prihvatljivosti ispitivanih novo razvijenih proizvoda s dodatkom tropa jabuke u različitim koncentracijama nije pokazala statistički značajne razlike u usporedbi s kontrolom, odnosno pozitivnom kontrolom, tj. kukuruznom krupicom. Od ispitivanih uzoraka najbolju prihvatljivost imao je uzorak s 10 % tropa jabuke ( $3,10 \pm 1,45$ ).
- Usporedbom rezultata za subjektivni osjećaj sitosti utvrđeno je kako je uzorak s 10 % tropa jabuke imao najniži subjektivni osjećaj sitosti ( $53,9 \pm 23,3$ ) u odnosu na druga dva uzorka, s 13 % tropa jabuke ( $57,9 \pm 27,6$ ) i 16 % tropa jabuke ( $57,0 \pm 57,6$ ). Rezultati upućuju na pozitivan učinak povećanog sadržaja prehrambenih vlakana u finalnom proizvodu koji rezultiraju većim osjećajem sitosti kroz 120 minuta.
- Promjena razine GUK-a kroz 120 minuta ukazuje kako ispitivani uzorci dostižu pik u 45. minuti, a on je ujedno i niži od pika GUK-a za kontrolu i kukuruznu krupicu. Uzorak sa 16 % tropa jabuke u 120. minuti ima najvišu razinu GUK-a, što ukazuje na pozitivan utjecaj većeg udjela prehrambenih vlakana na postprandijalnu glikemiju.
- Statistički značajno najveća površina ispod krivulje promjene GUK-a utvrđena je za uzorak sa 16 % tropa jabuke, uz najmanju površinu uzorka s 10 % tropa jabuke. Prema izračunatim vrijednostima svi ispitivani uzorci spadaju u kategoriju VGI, a uzorak s 10 % tropa jabuke ima najmanji GI u odnosu na druga dva test uzorka.

Dobiveni rezultati potvrđuju rezultate dobivene prvim istraživanjem (Marić, 2014.) i potvrđuju potencijal kukuruznog snack proizvoda s dodatkom 10 % sušenog tropa jabuke za komercijalizaciju (Banjari i sur., 2014.). Utvrđeno je kako je ovaj proizvod dobro prihvaćen od strane potrošača a ujedno u sebi objedinjuje funkcionalne karakteristike povećanog udjela prehrambenih vlakana, što u konačnici vodi k nižem GI. Treba istaknuti kako je uzorak sa 16 % tropa jabuke također pokazao potencijal, posebice u dijelu postprandijalne glikemije i visokog osjećaja sitosti, uz dobru prihvatljivost od strane potrošača. Nastavak istraživanja u području razvoja novih proizvoda s dodatkom nuzproizvoda prehrambene industrije s aspekta GI dat će veliki broj novih saznanja koji bi u konačnici mogli dovesti do plasmana nekih od testiranih formulacija na tržište.

## **7.LITERATURA**

- Arvidsson-Lenner R, Asp NG, Axelsen M, Bryngelsson S, Haapa E, Jarvi A, Karlstrom B, Raben A, Sohlstrom A, Thorsdottir I, Vessby B: Glycaemic Index-Relevance for health, dietary recommendations and food labelling. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 48(2):84-94, Taylor & Francis, 2004.
- Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC: International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values. *Diabetes Care*, 31:2281-2283, 2008.
- Babić J: Materijali s predavanja na kolegiju „Tehnologija ugljikohidrata i konditorskih proizvoda“; Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.
- Balunkeswar N, Berrios JDJ, Tang J: Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products; *Food Research International*; 15:35-46, 2014.
- Banjari I: Funkcionalna hrana i prehrambeni dodaci (propisi za vježbe). Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2010.
- Banjari I, Ačkar Đ, Marić M, Jozinović A, Babić J, Šubarić D: Određivanje glikemijskog indeksa kukuruznih snack proizvoda s dodatkom tropa jabuke i s dodatkom pivskog tropa, 4. zbornik sažetaka Okolišno prihvatljiva proizvodnja kvalitetne i sigurne hrane. Osijek, Hrvatska, str. 49-50, 2014.
- Camire ME: Chemical and Nutritional changes in Food during Extrusion. In *Extruders in Food Applications*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Philadelphia, 2000.
- Chlup R, Bartek J, Reznickova M, Zapletalova J, Doubravova B, Chlupova L, Sečkar P, Dvoračková S, Šimanek V: Determination of the glycaemic index of selected foods (white bread and cereal bars) in healthy persons. *Biomedical Papers*, 148(1):17-25, 2004.
- Danone Vitapole/FAO (Food and Agriculture Organization ): Glycaemic Index and Health: the Quality of the Evidence. John Libbey Eurotext, Paris, 2001.
- Ferenčević M.: Što je novo na jeloniku? Razvoj novog proizvoda iz perspektive proizvođača prehrambenih proizvoda, Stručni rad, 2007.
- Foster-Powell K, Brand-Miller J: International tables of glycemic indeks; *The American Journal of Clinical Nutrition*; 62:871S-93S, 1995.
- Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC: International table of glycemic index and glycemic load values. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1):5-56, 2002.
- Guyton AC, Hall JE: *Medicinska fiziologija*. Medicinska naklada, Zagreb, 2003.

- International Standards Organization: Food products – Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification. ISO 26 642:2010.
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV: Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. The American Journal of Clinical Nutrition, 34:362-366, 1981.
- Jenkins DJA, Kendall CWC, Augustin LSA et al; Glycemic indeks: overview of implications in health and disease; The American Journal of Clinical Nutrition; 76:266S-73S, 2002.
- Jukić M, Koceva Komlenić D: Materijali s predavanja na kolegiju: „Tehnologija proizvodnje tjestenine i keksarskih proizvoda”. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2013..
- Kotler P, Upravljanje marketingom, 2001.
- Last AR, Wilson SA: Low-Carbohydrate Diets. American Family Physician, 73(11):1942-1948, 2006.
- Lovrić T: Ekstruzija (Ekstruzijsko kuhanje). U Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva. Hinus, Zagreb, 2003.
- Ludwig, DS: The Glycaemic Indeks: Physiological Mechanisms Relating to Obesity; Diabetes and Cardiovascular Disease, JAMA; 287(18):2414-2423, 2002.
- Markets and Markets; Extruded Snack Market by Type (Potato, Corn, Tapioca, Mixed Grain and Others) & by Geography-Global Trends and Forecasts to 2019, 2014.
- Mitchell HL: The glycemic index concept in action. The American Journal of Clinical Nutrition, 87:244-246, 2008.
- Nikolić M, Lazarević K, Stanković A; Treating obesity by low-glycemic indeks diet; Facta Universitatis Series; Medicine and Biology; 11(2):102-105, 2004.
- Nikolić M, Stanković A, Jović S: Medicinski značaj određivanja glikemijskog indeksa namirnica, Medicinal data, 5(1):049-052, 2013.
- Pozderović A: Materijali s predavanja na kolegiju „Procesi u prehrambenoj industriji”; Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2009.
- Prašek M: Metabolički sindrom-osnovni principi liječenja. Medicus, 13(2):95-102, 2004.
- Riaz MN: Introduction to Extruders and Their Principles. In Extruders in Food Applications, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Philadelphia, 2000.
- Strelec I: Prehrambena biokemija (ppt predavanja). Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2013.

- Šubarić D, Ačkar Đ, Miličević B, Jašić M: Nuzproizvodi iz prehrambene industrije kao sirovine u proizvodnji funkcionalne hrane; Šesti međunarodni simpozij Hranom do zdravlja; Tuzla, BIH, 2013.
- UK Department of Trade and Industry; The 2005 R&D scoreboard: The top 750 UK and 1000 Global companies by R&D investment, 2006.
- WHO/FAO, Carbohydrates in Human Nutrition; FAO food and nutrition paper No 66, 1998.
- Wolever TMS: Glycaemic index – A Physiological Classification of Dietary Carbohydrate. Cabi Publishing, King's Lynn, UK, 2006.
- Wolever TMS, Vorster HH, Bjorck I, Brand-Miller J, Brighenti F, Mann JI, Ramdath DD, Granfeldt Y, Holt S, Perry TL, Venter C, Xiaomei W: Determination of the glycaemic index of foods: Interlaboratory study. European Journal of Clinical Nutrition, 57:475-482, 2003.



## **8. PRILOZI**

**Prilog 1** Obrazac Suglasnosti za sudjelovanje u istraživanju**SUGLASNOST ZA SUDJELOVANJE**

1. Potvrđujem da sam u \_\_\_\_\_ (datum i mjesto) pročitao/la obavijest za znanstveno istraživanje pod radnim nazivom **Određivanje glikemijskog indeksa različitih ekstrudiranih proizvoda**, te sam imao/la priliku postavljati pitanja vezana uz istraživanje kako bih lakše donio/donijela odluku.
2. Razumijem da je moje sudjelovanje dobrovoljno te se mogu povući u bilo koje vrijeme, bez navođenja razloga i bez ikakvih posljedica.
3. Razumijem da mojim osobnim podacima imaju pristup odgovorni pojedinci, tj. voditelj istraživanja i njegovi suradnici. Dajem dozvolu tim pojedincima za pristup mojoj osobnim podacima.
4. Želim sudjelovati u navedenom znanstvenom istraživanju.

Ime i prezime ispitanika:

Ime i prezime (tiskanim slovima): \_\_\_\_\_

Potpis: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Osoba koja je voditelj istraživanja:

Ime i prezime: doc. dr. sc. Ines Banjari \_\_\_\_\_

Potpis: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

## Prilog 2 Obrazac za prikupljanje osnovnih podataka

OSNOVNI PODACI	KONTAKT	
	IME I PREZIME	
	TELEFON	
	E-MAIL	
Mjesto prebivališta		
KOD (ispunjava glavni istraživač)		

Dob / Godina rođenja		
Spol	M	Ž
Visina (cm)		
Vaša trenutna tjelesna masa (kg)		

Stručna sprema	NK (osnovna škola)	SSS (srednja škola)	VŠS (viša škola)	VSS (fakultet)	mr.sc/dr.sc.
Mjesečni prihodi po osobi u kućanstvu (kn)	do 1500	1500 – 2500	2500 - 3500	3500-4500	> 4500

Koji je Vaš životni status? a) samac      b) rastavljen      c) u zajednici/braku  
 Imate li djece?      NE      DA      1/ 2 / 3/ 4/ >4  
 Koliko osoba živi u Vašem kućanstvu (uključujući Vas)?      1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6/ >6

Vi ste: (a) zaposlen/a puno radno vrijeme  
 (b) zaposlen/a pola radnog vremena  
 (c) nezaposlen/a  
 (d) studiram

Ukoliko studirate, od kako ste studenti Vi živite:

- (a) s roditeljima  
 (b) podstanar sam  
 (c) u studentskom domu

Pušite li?      NE      DA

Ako DA, koliko cigareta dnevno: do 5/ 5-10/15–20 / >20 i koliko godina ste pušač \_\_\_\_\_

Imate li nekih zdravstvenih problema? (moguće više odgovora)

- (a) NE  
 (b) dijabetes  
 (c) bolesti srca i krvožilnog sustava  
 (d) visoki tlak  
 (e) masnoća u krvi (kolesterol, trigliceridi)  
 (f) problemi sa štitnjačom  
 (g) čir na želucu  
 (h) sindrom iritabilnog crijeva  
 (i) alergija na hranu  
 (j) anemija  
 (k) drugo \_\_\_\_\_

Smatrate li da se brinete za svoje zdravlje?

- (a) DA  
 (b) NE  
 (c) nije me briga

Uzimate li suplemente (vitaminsko mineralne preparate)?      NE      DA

Ako DA navedite ime proizvoda i učestalost uzimanja \_\_\_\_\_

Jeste li trenutno na redukcijskoj dijeti (za smanjenje tjelesne mase)?      NE      DA

## Prilog 3 Obrazac kliničke procjene

## OBRAZAC KLINIČKE PROCJENE

Određivanje glikemijskog indeksa

Kod predmeta: \_\_\_\_\_

DIO A: Ispunjava glavni istraživač

Datum: \_\_\_\_\_

Posjet: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

KOD SUDIONIKA: \_\_\_\_\_

*Antropometrija*

Visina (cm): \_\_\_\_\_

Težina (kg): \_\_\_\_\_

Tjelesna masnoća (%): \_\_\_\_\_

KRVNI TLAK:

VRJEME POČETKA: \_\_\_\_\_

VRJEME ZAVRŠETKA: \_\_\_\_\_

Vrijeme potrebno za konzumiranje test obroka: \_\_\_\_\_

UZORCI KRV: Provjeriti nakon završetka:


-5'	0' (Test obrok)	15'	30'	45'	60'	90'	120'

BILJEŠKE:

## Prilog 4 Upitnik o ukusnosti

## UPITNIK O UKUSNOSTI

Molim Vas da naznačite ukusnost obroka

						
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Iznimno mi se sviđa	Veoma mi se sviđa	Umjereno mi se sviđa	Niti mi se sviđa niti ne sviđa	Umjereno mi se ne sviđa	Veoma mi se ne sviđa	Iznimno mi se ne sviđa

## Prilog 5 Upitnik o sitosti

KOD:  
Vrijeme: -5', 0', 15', 30', 45', 60', 90', 120'

## UPITNIK O SITOSTI

Ova pitanja odnose se na procjenu Vašeg trenutnog tjelesnog stanja. Molim Vas da ocijenite svoje osjećaje tako da stavite vertikalnu liniju preko linije na mjestu koje najbolje odražava Vaše trenutne osjećaje.

## 1. Koliko je jaka Vaša želja za jelom?

Veoma slaba \_\_\_\_\_ Veoma jaka

## 2. Koliko se gladno osjećate?

Nisam uopće gladan \_\_\_\_\_ Nisam bio nikad toliko gladan

## 3. Koliko se osjećate punima?

Nisam pun \_\_\_\_\_ Nikad se nisam osjećao toliko punim

## 4. Što mislite koliko biste mogli sada pojesti?

Zapravo ništa \_\_\_\_\_ Velike količine

SIMPTOMI	PRISUTNOST	JAČINA	Komentar
Napuhivanje telućinom ili plinom	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Osjećaj povraćanja	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Proljev	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Nadutost trbuha plinovima	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Prekomjerno mokrenje	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Mučnina	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Glavobolja	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Vrtoglavica	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Dezorijentiranost	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Nervoza	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Sporo zacjeljivanje rana	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Pretjerano krvarenje nakon posjekotine	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	
Nešto drugo (definirajte): _____	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne	Slabo 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7 Jako	